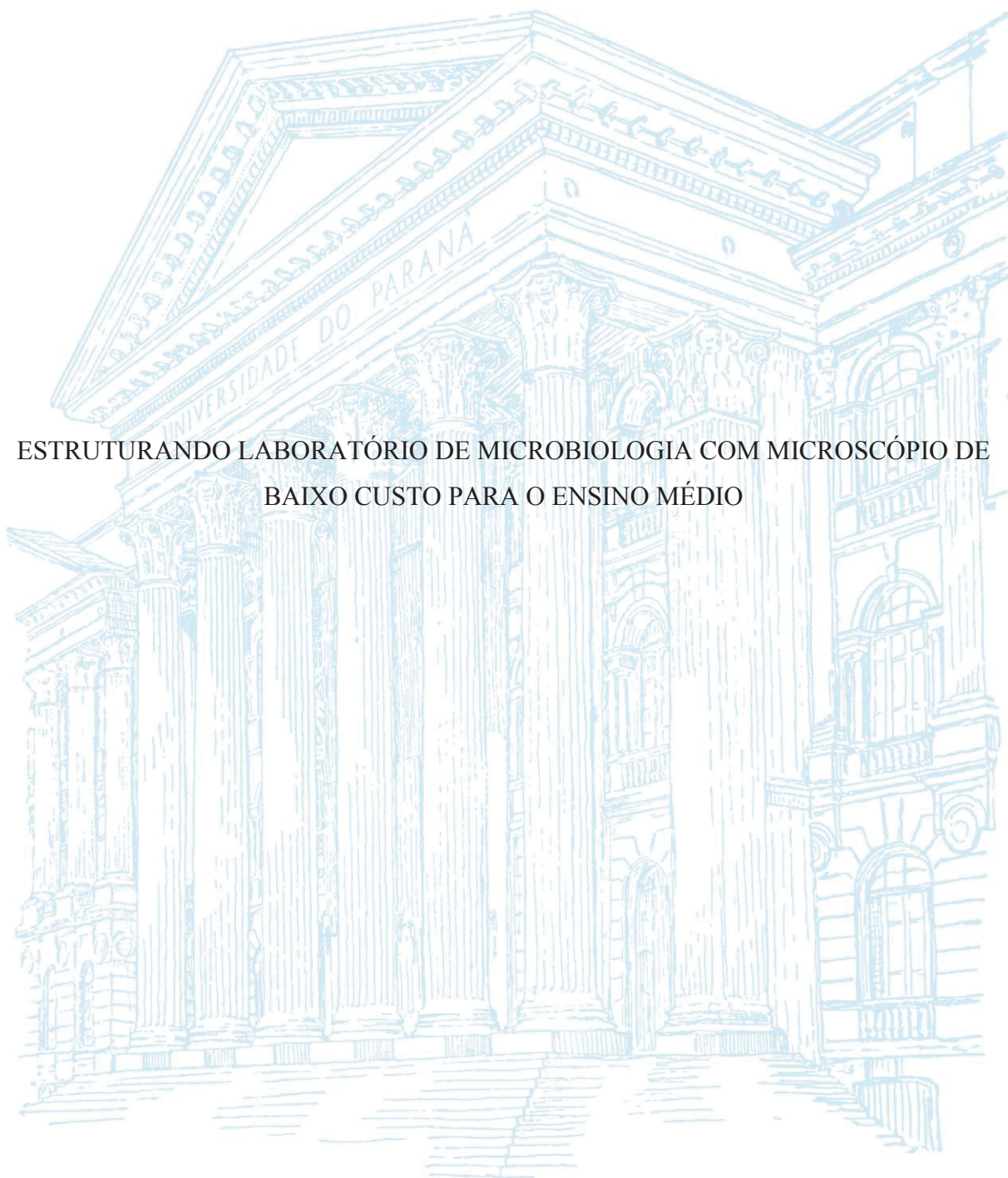


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

AMÉLIA SATO

ESTRUTURANDO LABORATÓRIO DE MICROBIOLOGIA COM MICROSCÓPIO DE
BAIXO CUSTO PARA O ENSINO MÉDIO



CURITIBA

2020

AMÉLIA SATO

ESTRUTURANDO LABORATÓRIO DE MICROBIOLOGIA COM MICROSCÓPIO DE
BAIXO CUSTO PARA O ENSINO MÉDIO

Dissertação de Mestrado apresentado ao
Programa de Mestrado Profissional em Ensino de
Biologia em Rede Nacional - PROFBIO do Setor
de Ciências Biológicas da Universidade Federal
do Paraná, como requisito parcial para obtenção
do título de Mestre em Ensino de Biologia.
Área de Concentração: Ensino de Biologia

Orientadora: Profª. Dra. Lucy Ono
Área de Concentração: Ensino em Biologia

CURITIBA

2020

Universidade Federal do Paraná
Sistema de Bibliotecas
(Giana Mara Seniski Silva – CRB/9 1406)

Sato, Amélia

Estruturando laboratório de microbiologia com microscópio de baixo custo para o ensino médio. / Amélia Sato. – Curitiba, 2020.
108 p.: il.

Orientadora: Lucy Ono.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional.

1. Biologia – Estudo e ensino. 2. Microscópios. 3. Smartphones. 4. Lentes. I. Título. II. Ono, Lucy, 1976-. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional. IV. Profbio.

CDD (22. ed.) 570.282



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFBIO ENSINO DE
BIOLOGIA EM REDE NACIONAL - 32001010175P5

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em PROFBIO ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de AMELIA SATO intitulada: *Estruturando laboratório de Microbiologia com microscópio de baixo custo para o Ensino Médio*, sob orientação da Profa. Dra. LUCY ONO, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 28 de Outubro de 2020.

Assinatura Eletrônica

29/10/2020 16:38:44.0

LUCY ONO

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

30/10/2020 12:42:47.0

PATRICIA DO ROCIO DALZOTO

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

06/11/2020 15:13:34.0

ALLYSSANDRA MARIA LIMA RODRIGUES MAIA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE)

Dedico à família pela paciência, aos amigos pelo incentivo e à minha orientadora pela generosidade de doar seu tempo e suas ideias que permitiram a realização deste trabalho.

RELATO DA MESTRANDA

Instituição: Universidade Federal do Paraná
Mestranda: Amélia Sato
Título do TCM: ESTRUTURANDO LABORATÓRIO DE MICROBIOLOGIA COM MICROSCÓPIO DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO MÉDIO
Data de Defesa: 28/10/2020 – 9h00
<p>Na época que frequentava o Ensino médio considerava as aulas de Biologia as mais interessantes, apesar de desconhecer totalmente do que se tratava essa profissão, optei pelo curso na época de realizar o vestibular. Com certeza foi uma das decisões mais acertadas da minha vida. Na faculdade, ainda desconhecia o potencial dessa profissão, tornei-me professora de Biologia por necessidade. Vinte anos depois de ter iniciado a carreira na docência posso dizer que a profissão me escolheu e sou muito grata. Os anos de experiência em escolas públicas do Paraná me ensinaram tudo que sei sobre a importância da Ciência na vida dos estudantes e as dificuldades enfrentadas pelos profissionais da educação nesse imenso desafio que é o ensino das Ciências. Ainda mantenho grande interesse pelos temas da Biologia que cada vez mais tornam essa profissão tão rica e ao mesmo tempo desafiadora. A oportunidade de continuar minha formação no PROFBIO foi essencial para renovar as ideias que muitas vezes temos sobre como se ensina e como se aprende, só lamento o curso não ter aparecido antes pois compreendo que ele é uma extensão perfeita da minha formação de professora de Biologia, algo que estava esperando há muitos anos.</p>

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo seu sopro divino que me permitiu viver, estudar e auxiliar o próximo realizando o trabalho de professora.

À minha família pelo apoio constante e paciência nos dias mais atarefados desse mestrado.

Aos meus amigos pelo incentivo e a certeza da minha competência que tanto me auxiliaram nos momentos de pressão e ansiedade, aos meus colegas de curso pelo companheirismo dentro e fora de sala, à minha colega de laboratório Nicolle de Lima pela sua disposição de ensinar e auxiliar nas atividades experimentais que foram essenciais para a realização do trabalho.

À minha orientadora Profa. Dra. Lucy Ono pela generosidade de me aceitar como aluna, pelas suas sugestões iluminadoras, pela correção apurada e orientação com esmero, sem o qual esse trabalho não seria possível.

Aos professores do curso pela sua contribuição valiosa na renovação dos conhecimentos e a paciência e compreensão em todas as aulas e atividades realizadas.

Às coordenadoras do curso Profa. Dra. Sandra Maria Alvarenga Gomes e Profa. Dra. Mariana da Rocha Piemonte e aos vice-coordenadores Prof. Dr. Jaime Paba Martinez e Profa. Dra. Carla Wanderer pela prestimosidade na resolução dos problemas.

À Profa. Dra. Patrícia R. Dalzoto, Profa. Dra. Elaine Machado Benelli e Profa. Dra. Allyssandra M. L. R. Maia pela contribuição na revisão e melhoria do presente trabalho.

Aos diretores, pedagogos, professores e alunos do Colégio Estadual Herbert de Souza pela sua colaboração na realização das atividades.

Este trabalho de Conclusão de Mestrado (TCM) foi desenvolvido no Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, sob a orientação da Profa. Dra. Lucy Ono e contou com o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

RESUMO

A falta de equipamentos nos laboratórios de Ciências e Biologia para uso em práticas experimentais é um problema antigo nas escolas públicas, cabendo muitas vezes, aos professores da área, a busca por equipamentos alternativos que possam ser adaptados e utilizados como substitutos de equipamentos caros e de difícil aquisição, principalmente pelas escolas públicas, citando como exemplo o microscópio óptico. Este estudo avaliou uma série de cinco lentes de vidro esféricas e duas lentes plano convexas (utilizadas em leitor de DVD e *laser pointer*), sendo as duas últimas acopladas a um aparador de acrílico (microscópio de Yoshino) e associado a *smartphone* com o intuito de verificar a viabilidade dessas lentes na aplicação para aula prática experimental de Microbiologia com estudantes de Ciências e Biologia. Observou-se que a lente plano convexa utilizada em leitores de DVD obteve melhor desempenho levando-se em consideração o grau de magnificação e nitidez da lente, obtendo resultado positivo na visualização de leveduras à fresco. Com aumento total de até 87x (ao utilizar em conjunto com o zoom digital do *smartphone* da ordem de 4x) e de até 175x quando analisada a fotografia obtida com resolução de 72 dpi, conclui-se que esta lente associada ao *smartphone* é adequada ao uso em aula prática experimental em escolas de nível fundamental e médio, possibilitando assim, diminuir a distância do estudante da prática em Microbiologia decorrente da falta de microscópios nos laboratórios escolares. O estudo propiciou, em conjunto, o desenvolvimento de uma sequência didática iniciada com observação de fermento biológico seco e determinação qualitativa dos fatores que afetam o crescimento do pão como atividades geradoras de motivação, curiosidade e pesquisa para os estudantes de Ciências e Biologia.

Palavras-chave: Microscópio alternativo, *Smartphone*, Lentes, Aulas práticas.

ABSTRACT

The lack of equipments in Science and Biology laboratories for use in experimental practices is an old problem in public schools, and it is often up to teachers in the area to search for alternative equipments that can be adapted and used as substitutes for expensive equipments and their difficult to acquire, mainly by public schools, and we can mention the optical microscope as an example. This study evaluated a series of five spherical glass lenses and two flat convex lenses used in DVD player and laser pointer, coupled with an acrylic trimmer (Yoshino's microscope) associated to a *smartphone* in order to verify the viability of these lenses in the application for practical classes of Microbiology with Science and Biology students. It was observed that the convex flat lens used in DVD players obtained better performance taking into account the magnification and sharpness of the lens, obtaining a positive result in the visualization of fresh yeasts. With a magnification of about 87x (associated with the digital 4x zoom of the smartphone) and about 175x when observing the image of the photo with 72 dpi, it is concluded that this lens associated with the *smartphone* is suitable for use in practical classes in elementary and high schools, thus making it possible to reduce the distance of the student from the practice in Microbiology due to the lack of microscopes in the school laboratories. The study provided, at the same time, the development of a didactic sequence initiated with observation of dry biological yeast and qualitative determination of the factors that affect the growth of bread as activities that generate motivation, curiosity and research for Science and Biology students.

Keywords: Alternative microscope, Smartphone, Lenses, Practical classes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Réplica de microscópio utilizado por Leeuwenhoek.....	19
Figura 2 - Reprodução em óleo sobre tela de Leeuwenhoek com seu microscópio, por Ernest Board.	20
Figura 3 – Esquema XI presente no livro <i>Micrographia</i> de Robert Hooke, mostrando as observações feitas de um pedaço de cortiça sob o microscópio utilizado por ele na época.....	20
Figura 4 - Esquema XXXIV presente no livro <i>Micrographia</i> de Robert Hooke mostrando a observação de uma pulga.....	21
Figura 5 – Pedaço de vidro sendo aquecido em lamparina, demonstrando como as lentes esféricas de vidro eram fabricadas em 1600.....	22
Figura 6 – Demonstração da ampliação da esfera de vidro, réplica de modelo simples de microscópio utilizada por Robert Hooke.....	23
Figura 7 - Foto de modelo do microscópio de baixo custo associado ao <i>smartphone</i>	34
Figura 8 - Lentes esféricas de vidro de 1mm, 3,5mm, 5mm e 8mm respectivamente, seguido de lente plano-convexa utilizada em canetas laser pointer em comparação com uma caneta..	36
Figura 9 – Borracha látex, fita adesiva, grampo de cabelo com lente plano-convexa e lentes esféricas colocadas em base de borracha látex.	36
Figura 10 - Lente plano-convexa comumente usada em caneta laser pointer encaixada em grampo de cabelo e sendo fixada à câmera traseira do <i>smartphone</i> com fita adesiva.....	37
Figura 11 - Passo a passo da construção do microscópio caseiro de Yoshino com modificações	37
Figura 12 - Microscópio de baixo custo construído no laboratório da Universidade Federal do Paraná	40
Figura 13 - <i>Smartphone</i> sendo ajustado sobre o aparador de acrílico e régua milimetrada sendo colocada no aparador inferior	40
Figura 14 - Grupo controle: Fotos tiradas com câmera traseira do <i>smartphone</i> do objeto (régua milimetrada) observado em microscópio óptico	42
Figura 15 - Grupo teste 1: Fotos tiradas com câmera traseira do <i>smartphone</i> com o uso de lente plano convexa de DVD com aparador.....	43
Figura 16 - Grupo teste 2: Fotos tiradas com câmera traseira do <i>smartphone</i> com o uso de lente plano convexa de laser pointer com aparador	44
Figura 17 - Grupo teste 3: Fotos tiradas com câmera traseira do <i>smartphone</i> com o uso de lente esférica de vidro de 8mm com aparador.....	45

Figura 18 - Grupo teste 4: Fotos tiradas com câmera traseira do <i>smartphone</i> com o uso de lente esférica de vidro de 5mm com aparador.....	45
Figura 19 - Grupo teste 5: Fotos tiradas com câmera traseira do <i>smartphone</i> com o uso de lente esférica de vidro de 3,5mm com aparador.....	46
Figura 20 - Grupo teste 6: Fotos tiradas com câmera traseira do <i>smartphone</i> com o uso de lente esférica de vidro de 3,5mm sem aparador	46
Figura 21 - Grupo teste 7: Foto tirada com câmera dianteira do <i>smartphone</i> com o uso de lente esférica de vidro de 1mm sem aparador	47
Figura 22 - Grupo teste 8: Fotos tiradas com câmera traseira do <i>smartphone</i> com o uso de lente plano-convexa de DVD com aparador	48
Figura 23 - Grupo teste 9: Fotos tiradas com câmera traseira do <i>smartphone</i> com o uso de lente plano convexa de DVD com aparador, de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> à fresco	48
Figura 24 - Determinação do grau de magnificação do microscópio modificado de Yoshino e comparação como microscópio óptico utilizando lâmina de calibração de microscópio	50
Figura 25 - Visualização ao microscópio modificado de Yoshino acoplado a câmera traseira do <i>smartphone</i> e aumento digital de 4x, com de lâmina permanente de epiderme de pólen de <i>Lilium</i> sp. (lírio).....	51
Figura 26 - Visualização ao microscópio de Yoshino acoplado a câmera traseira do <i>smartphone</i> Quantum e aumento digital de 4x, com de lâmina permanente de epiderme de <i>Allium cepa</i> (cebola) corada com azul de metileno	51
Figura 27 - Frutas mofadas (morango e laranja mexerica) utilizadas para o preparo de lâminas de fungos filamentosos pela técnica da fita adesiva.	52
Figura 28 - Fungo observado em mofo de morango com micromorfologia compatível com <i>Botrytis cinerea</i>	53
Figura 29 - Fungo observado em mofo de laranja mexerica com micromorfologia não suficiente para identificação	54
Figura 30 - Fungo observado em mofo de laranja mexerica com micromorfologia compatível como <i>Penicillium</i> sp.	55
Figura 31 - Esquema mostrando a organização básica da sequência didática sugerida.	57
Figura 32 - Determinação qualitativa das melhores condições para o crescimento de uma massa à base de farinha por meio do uso de fermento biológico	58
Figura 33 - Observação de suspensão aquosa de leveduras (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) de fermento biológico seco em microscópio modificado de Yoshino (2017).....	59

Figura 34 - Materiais para a investigação da relação entre quantidade de açúcar e velocidade de crescimento da massa à base de farinha pelo fermento biológico	60
Figura 35 – Experimento de avaliação da altura de crescimento da massa contendo fermento biológico em função de diferentes concentrações de açúcar	61
Figura 36 – Gráfico de avaliação da altura de crescimento da massa contendo fermento biológico em função de diferentes concentrações de açúcar	62
Figura 37 - Avaliação do aumento do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras sem adição de açúcar em microscópio modificado de Yoshino (2017) ..	63
Figura 38 - Avaliação do aumento do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras contendo 0,5 colher de chá de açúcar em microscópio modificado de Yoshino (2017)	64
Figura 39 - Avaliação do aumento do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras contendo 1 colher de chá de açúcar em microscópio modificado de Yoshino (2017)	65
Figura 40 - Avaliação do aumento do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras contendo 2 colheres de chá de açúcar em microscópio modificado de Yoshino (2017)	66
Figura 41- Aumento médio do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras contendo diferentes concentrações de açúcar	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo de confecção do microscópio de Yoshino (adaptado para visualização de levedura e fungos filamentosos)	41
Tabela 2 - Quantificação da magnificação de objetos pelo microscópio modificado de Yoshino e microscópio óptico utilizando lâmina de calibração.....	49
Tabela 3 - Aumento médio do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras contendo diferentes concentrações de açúcar em prints de telas de 0 e 3 minutos de gravação das lâminas em microscópio modificado de Yoshino.....	67
Tabela 4 – Massas dos ingredientes medidos com colheres de sopa e de chá, obtidas por pesagem em balança.	84

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Microbiologia e Microscopia	18
2.2 Microrganismos	24
2.3 Lentes de magnificação	27
2.4 A importância da experimentação em sala de aula	28
3 OBJETIVO GERAL	31
3.1 Objetivos específicos	31
4 METODOLOGIA	32
4.1 Construção e avaliação de microscópio de lente esférica de baixo custo associada a <i>smartphone</i>	32
4.2 Construção e avaliação de microscópio de lente plano-convexa de baixo custo associado a <i>smartphone</i>	33
4.3 Sequência Didática com o uso de microscópio alternativo como sugestão de prática de Microbiologia no Ensino Médio	34
5 RESULTADOS	36
6 DISCUSSÃO	68
7 CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
APÊNDICE 1 – ATIVIDADE 1	79
APÊNDICE 2 – ATIVIDADE 2	80
APÊNDICE 3 – ATIVIDADE 3	81
APÊNDICE 4 – ATIVIDADE 4	82
APÊNDICE 5 – ATIVIDADE 5	85
ANEXO 1 – PRODUTO: SEQUÊNCIA DIDÁTICA	87

1 INTRODUÇÃO

A importância do estudo dos microrganismos, e consequentemente da Microbiologia é essencial para entender o impacto desses seres na vida humana. A relevância da compreensão desses seres diminutos, invisíveis a olho nu e mesmo as técnicas que permitem visualizá-los se tornam, dessa forma, parte essencial da formação de um indivíduo, para que este possa compreender o mundo que o cerca e as interações realizadas com este mundo microscópico.

O conhecimento referente aos organismos microscópicos, embora seja relevante para a compreensão de conteúdos básicos como a origem da vida e sua evolução no planeta Terra, é encarado de maneira reducionista pelos estudantes do Ensino Fundamental e Médio. Segundo Albuquerque et al. (2012), os estudantes acabam percebendo esses seres como meros bolores ou mesmo causadores de doenças sem compreender a sua imensa diversidade ou mesmo sua relevância na manutenção da vida na Terra.

A necessidade do professor de Ciências e/ou Biologia se reinventar para proporcionar aulas práticas aos seus estudantes é antiga. Mesmo compreendendo que a prática experimental é essencial na formação do estudante, os próprios docentes passam por falta de materiais em sua formação universitária. Isso pode ter levado a uma formação deficitária, como relata Sobral (2015), uma vez que os graduandos em Licenciatura em Ciências Biológicas não possuíam laboratório de Ciências e os professores lá presentes quase não desenvolviam atividades práticas, limitando-se às aulas teóricas.

A discussão sobre a precarização das instituições de ensino atinge não somente as escolas de nível fundamental e médio como também as universidades. Barbosa e Lima (2010) comentam que o ensino da Microbiologia nas universidades também passa por uma renovação de metodologias, onde ferramentas alternativas de pesquisa são necessárias diante da carência de recursos financeiros para adquirir equipamentos de alto custo. Dentre as sugestões aparecem a panela de pressão usada como autoclave, estufas alternativas, meios de cultura alternativos, entre outros.

Refletindo sobre a aplicação desses novos equipamentos alternativos, é possível conceber que eles também podem ser utilizados em escolas com o objetivo de despertar nos estudantes do Ensino Fundamental e Médio o interesse pelo mundo microscópico à medida que a aplicação de aulas experimentais vá desenvolvendo a consciência da construção do conhecimento científico.

A discussão acerca do uso de materiais de baixo custo em práticas experimentais nas escolas é antiga. Axt e Moreira (1991) já relatavam o problema na década de 90, afirmando que

essa preocupação já existia muito antes. Todavia, ambos são críticos quanto ao entendimento do que é a necessidade do uso do material de baixo custo, pois, sugerem que, ao mesmo tempo que o professor de Ciências não pode esperar por um laboratório bem equipado, também não deve ser constrangido a construir sempre um material alternativo, remediando a falta de um equipamento que já existe. Axt e Moreira (1991) sugerem então, que deve haver um equilíbrio entre a responsabilidade do poder público e da sociedade para com a escola em relação ao papel do professor de buscar suprir os materiais necessários para a prática do ensino, que também pode fazer parte do ofício.

O tema Microbiologia está presente nos livros didáticos com sugestões positivas de atividades práticas experimentais. Todavia, a adequação dessas atividades no planejamento, e mesmo refletir sobre a sua relevância, são papéis do professor. Como existem fatores limitantes, como falta de recursos ou mesmo material laboratorial, alguns professores são bem-sucedidos na aplicação da aula prática e outros não (BARBÊDO; MONERAT, 2014).

O ensino da Microbiologia é essencial para a formação do pensamento científico do aluno, sendo a atividade prática fundamental no processo. Logo, a busca por materiais alternativos e de baixo custo é um desafio para o professor, mas que pode ser superado com esforço e criatividade (BARBOSA; OLIVEIRA, 2015).

Reforça-se a importância da experimentação com materiais de baixo custo com o intuito de levar o estudante, mesmo em locais sem recursos, a compreender a relevância dos microrganismos e suas funções no ambiente (CASSANTI et al., 2008).

A parceria com outras instituições, como as universidades, é essencial na formação do docente, há relato de parceria positiva entre universidade e escola pública com o intuito de renovar o ensino em Ciências, com a oferta de minicursos por graduandos de licenciatura da universidade, de maneira que os estudantes de escolas públicas puderam vivenciar atividades práticas relacionadas aos microrganismos (OVIGLI; SILVA, 2009).

Assim, compreende-se que, a despeito das dificuldades enfrentadas pelos professores na falta de material ou mesmo de um laboratório de Ciências, alternativas mais acessíveis tem que ser pensadas constantemente e como relatam Axt e Moreira (1991), em parte, a busca por materiais para compor a aula prática experimental faz parte do ofício do professor.

Este projeto propõe aos professores de Ciências e Biologia a utilização de um microscópio de baixo custo de Yoshino (2017) associado ao *smartphone*, que foi reproduzido e avaliado no Laboratório de Microbiologia Yasuyoshi Hayashi – Departamento de Patologia Básica/Setor de Ciências Biológicas/UFPR, bem como, uma sugestão de aplicação em sequência didática. Esse microscópio pode tornar-se uma alternativa viável a todas as escolas

que enfrentam o desafio de buscar recursos para aparelhar o seu laboratório de Ciências, pelo seu baixo custo, facilidade na construção e manuseio, além disso, pode atuar como estímulo na curiosidade do estudante.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Microbiologia e Microscopia

A Microbiologia é o ramo da Ciência dedicado ao estudo e investigação de microrganismos. Os microrganismos coletivamente representam a maior biomassa do planeta Terra, incluindo todos os organismos unicelulares, como fungos, protozoários, algas unicelulares, vírus e especialmente o grupo das bactérias. Estas últimas realizam diversas atividades primordiais, como a reciclagem da matéria orgânica ou mesmo a produção de oxigênio, sendo, portanto, essenciais para a sobrevivência de seres mais complexos como animais e plantas (MADIGAN et al., 2016).

O desenvolvimento da Microbiologia como Ciência é concomitante ao desenvolvimento do microscópio, ferramenta essencial para o estudo de seres invisíveis a olho nu. No século XII, o árabe Alhazen Ben já mencionava o poder de aumento das lentes plano-convexas, posteriormente corroborado por Roger Bacon que mencionou que as lentes poderiam ter aplicações ópticas como óculos de leitura. Apesar do uso de lentes em forma de lupa ter se propagado no século XIII, acredita-se que foi o desenvolvimento de lentes mais convexas empregadas em óculos que possibilitaram a posterior utilização dessas lentes com o intuito de magnificar estruturas dando origem assim aos primeiros microscópios (HADJU, 2002; HØG, 2008; BRADBURY, 2014).

O século XVII foi relevante para a microscopia. Em 1624 um grupo de pesquisadores italianos, no qual o famoso cientista Galileo Galilei estava incluso, cunhou a palavra “microscópio”, que deriva de duas palavras gregas *mikrós* (pequeno) e *scoppéoo* (observar). Após a invenção dos óculos no século XIII, a sua utilização se espalhou rapidamente de Florença, onde se originou, para o resto da Europa pelo grande número de pessoas com problema de visão. A partir daí, foi uma questão de tempo até se perceber o potencial de magnificação das lentes. Os primeiros microscópios eram chamados de simples pois possuíam somente uma pequena lente embutida numa caixa cilíndrica, todavia, já em 1595 Hans Jansen e seu filho Zacharias Jansen desenvolveram um microscópio composto de duas ou mais lentes, sendo creditada a eles o mérito pela invenção do microscópio (CROFT, 2006).

Mesmo os microscópios compostos que já existiam no século XVII ainda possuíam problemas de magnificação e foco, de modo que os microscópios simples foram reconstruídos com maestria por Antonie van Leeuwenhoek por volta de 1673 e chegavam a atingir aumentos de 300x. O comerciante holandês sem nenhuma educação formal se destacou pela sua

curiosidade científica. Além de construir seus próprios microscópios, visualizou uma série de estruturas orgânicas como cabelos, unhas, fibras musculares, e pequenos organismos como insetos e nematoides. Notabilizou-se pela descoberta do espermatozoide, sendo reconhecido pela série de relatórios com figuras e observações enviadas à *Royal Society of London* ao longo de 50 anos (KARAMANOU et al., 2010).

Os modelos recriados por Leeuwenhoek (Figura 1) eram feitos com uma pequena gota de vidro colocada em um aparador de metal no qual uma pequena agulha servia de suporte para o objeto estudado. Sua paixão pelos microscópios o fez fabricar mais de duas centenas desses pequenos aparelhos usados ao longo de sua vida para observar diversas estruturas e microrganismos. E atualmente, é considerado o pai da Microbiologia pelas suas valiosas contribuições na descoberta do mundo microscópico e no desenvolvimento da mesma (MAHADEVAN, 2011).

Figura 1 - Réplica de microscópio utilizado por Leeuwenhoek.

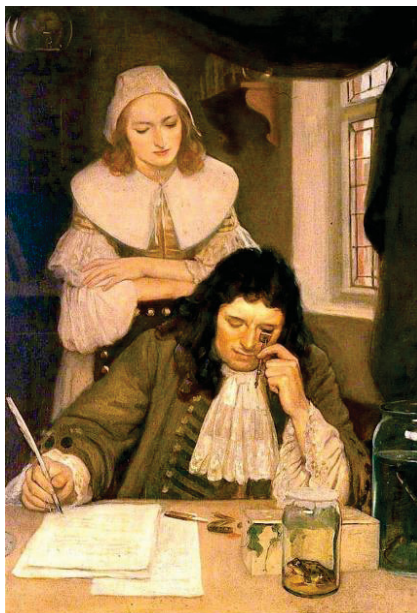


Fonte: GARRIDO e GONZÁLES (2011)

Enquanto o comerciante holandês Leeuwenhoek (Figura 2) enviava seus relatórios à *Royal Society of London*, o cientista inglês Robert Hooke já se destacava como prolífico pesquisador. Contemporâneos, Leeuwenhoek e Hooke observaram e ilustraram o mundo microscópico enriquecendo o conhecimento acerca dos microrganismos de tal maneira que a Microbiologia não poderia ter se desenvolvido sem suas valiosas contribuições.

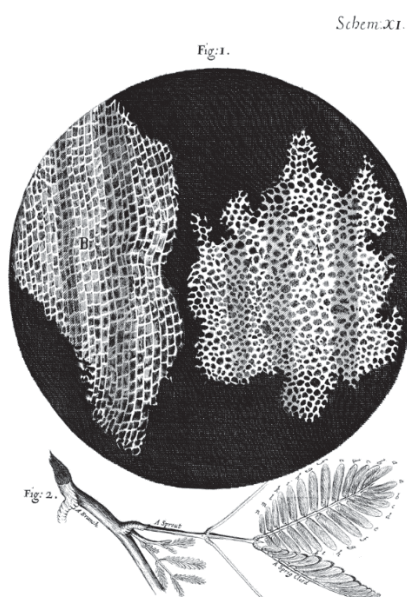
Considerado um gênio de sua época, Hooke tinha interesses nas mais variadas áreas do conhecimento como ciências da natureza, física, astronomia e mesmo arquitetura. Hooke tornou-se curador de experimentos da *Royal Society of London* em 1662 e, em 1664 publicou o livro *Micrographia*, a primeira publicação que trazia ilustrações (Figura 3 e 4) observadas sob microscópio (KENT; CHAPMAN, 2005).

Figura 2 - Reprodução em óleo sobre tela de Leeuwenhoek com seu microscópio, por Ernest Board.



Fonte: Página de pinturas famosas na internet¹.

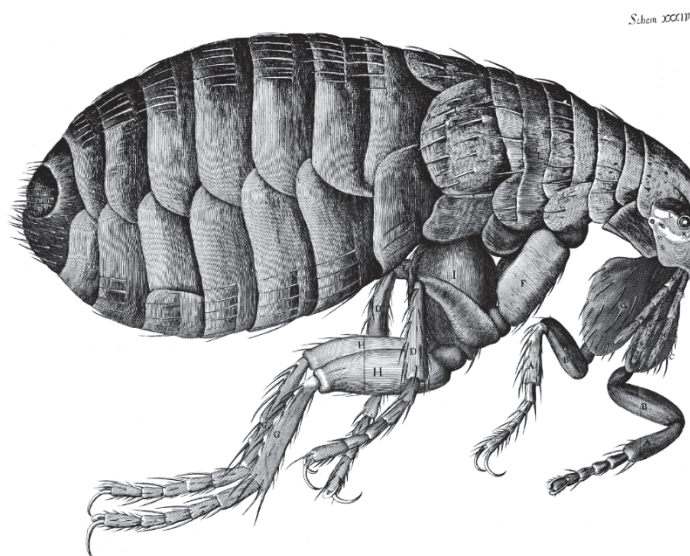
Figura 3 – Esquema XI presente no livro *Micrographia* de Robert Hooke, mostrando as observações feitas de um pedaço de cortiça sob o microscópio utilizado por ele na época.



Fonte: HOOKE, R. (1664, apud SHIMMIN e EDKINS, 2005)

¹Disponível em: <<http://en.most-famous-paintings.com/MostFamousPaintings.nsf/A?Open&A=AQTE8U>>. Acesso em 09 mar. 2020.

Figura 4 - Esquema XXXIV presente no livro *Micrographia* de Robert Hooke mostrando a observação de uma pulga.



Fonte: HOOKE, R. (1664, apud SHIMMIN e EDKINS, 2005)

O livro *Micrographia*, publicado por Hooke em 1664, mostra uma série de estruturas desde tramas de tecido, sementes, fios de cabelo, o famoso pedaço de cortiça onde células vegetais aparecem como uma trama quadriculada, bolores e variados insetos e suas estruturas, demonstrando o interesse diverso do cientista pela natureza. A anotação feita por Hooke em seu livro baseado na observação do pedaço de cortiça, demonstra o desconhecimento da época sobre estruturas microscópicas básicas como a própria célula vegetal. Sobre sua observação de pedaços de cortiça (Figura 3) Hooke escreveu o seguinte.

Peguei um pedaço de cortiça e, com um estilete afiado como uma navalha, cortei um pedaço e, assim, deixei a superfície muito lisa, examinando-a com cuidado com um microscópio, eu pude perceber que a cortiça era um pouco porosa, mas não pude perceber tão claramente, a fim de ter certeza de que eram poros. (HOOKE, 1664, apud SHIMMIN e EDKINS, 2005).

Muitas das observações feitas por Hooke foram realizadas muito antes de Leeuwenhoek relatar a existência das bactérias ou outros microrganismos. Leeuwenhoek baseou-se nos achados e técnicas relatadas por Hooke em seu livro *Micrographia*. Além disso, o livro traz em seu prefácio, as invenções utilizadas por Hooke para melhorar o microscópio e possibilitar assim, a utilização com maior eficiência desse equipamento de magnificação que ainda estava em desenvolvimento na época (GEST, 2005; GUTHERTZ, 2017).

Os microscópios utilizados na época de Hooke possuíam diversos problemas como pequeno poder de ampliação, a formação de distorções cromáticas, pouca iluminação, entre

outros. Robert Hooke realizou melhorias consideráveis nesses microscópios, à medida que conseguiu aperfeiçoar o sistema de iluminação, introduzindo a luz difusa que diminuía reflexos, um novo aparador giratório, que permitia movimentar o objeto estudado e acrescentou mais lentes, surgindo então o microscópio composto que possuía magnificação próxima de 40x, sendo análogo às lupas atuais. Acredita-se que o talento de Hooke para ilustrações e o auxílio de pequenas lentes esféricas com magnificação superior ao microscópio composto (entre 200x a 300x) foi essencial para corrigir as imagens confusas produzidas pelos microscópios da época, contribuindo para o sucesso do livro *Micrographia* (MARTINS, 2011).

As observações de Robert Hooke, do mesmo modo, contavam com o auxílio de outro tipo de microscópio, mais simples e igualmente importante, o microscópio simples de lente esférica de vidro. Admite-se que Robert Hooke utilizou uma série dessas pequenas lentes esféricas em suas observações. Com aumento entre 200 e 300 vezes, essa lente esférica era fabricada com pequenos pedaços de vidro quebrados que uma vez aquecidos com lamparina formavam fios, e esses fios por sua vez, formavam pequenas gotas na sua ponta, que podiam ser utilizadas diretamente para magnificação de objetos diminutos segundo o próprio Hooke (Figuras 5 e 6) (MARTINS, 2011; KENT, 2005).

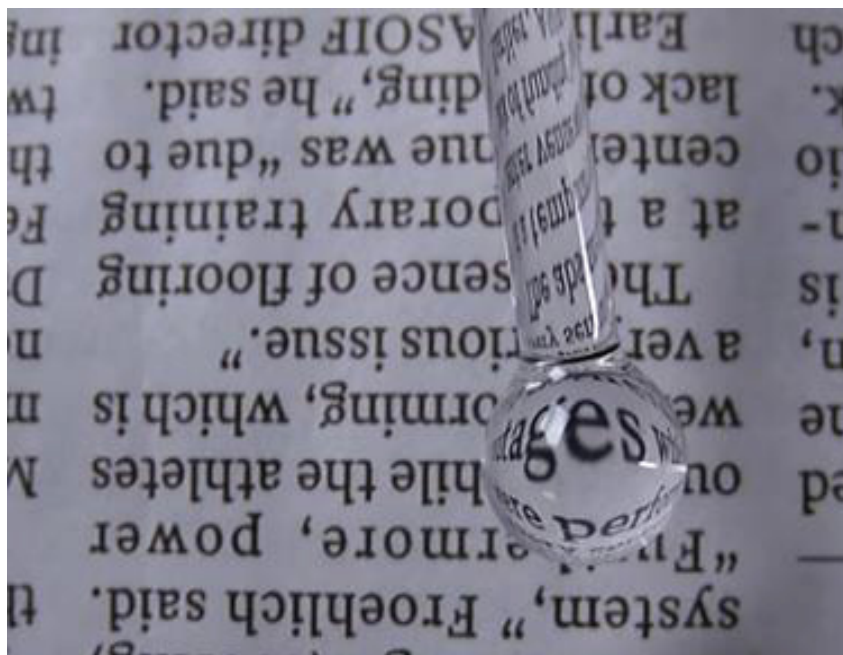
Figura 5 – Peça de vidro sendo aquecida em lamparina, demonstrando como as lentes esféricas de vidro eram fabricadas em 1600.



Fonte: Corning Museum of Glass, 2016²

²Disponível em: <<https://home.cmog.org/>>. Acesso em 09 mar. 2020.

Figura 6 – Demonstração da ampliação da esfera de vidro, réplica de modelo simples de microscópio utilizada por Robert Hooke.



Fonte: Corning Museum of Glass, 2016²

Compreende-se, portanto, que a importância de Leeuwenhoek e Hooke no desenvolvimento da Microbiologia foi crucial. Ambos eram talentosos ilustradores e cientistas comprometidos, construindo e aperfeiçoando os microscópios da época e apresentando ao público o surpreendente mundo dos microrganismos.

Apesar de um início brilhante e de contribuições notáveis à Ciência, o desenvolvimento da Microbiologia e do microscópio permaneceram um longo período sem progresso. A dificuldade de visualização com os antigos aparelhos rudimentares era um dos maiores empecilhos para o desenvolvimento da pesquisa na área. Apenas no século XIX, a Microbiologia ressurgiu com os estudos do biólogo alemão Ferdinand Cohn que introduziu um sistema para classificação bacteriana, posteriormente adotados por Robert Koch (MADIGAN et al., 2016).

No início do século XIX, a teoria da geração espontânea ainda permanecia com a ideia que bactérias poderiam surgir espontaneamente em um material em putrefação. Louis Pasteur, oponente importante a essa teoria construiu em 1864, o frasco com pescoço de cisne, que possibilitava a circulação do ar, fator cujos oponentes de Pasteur alegavam ser essencial para a geração espontânea. Com esse experimento Pasteur derrubou definitivamente a teoria da abiogênese e possibilitou que a Microbiologia avançasse com desenvolvimento de métodos

eficientes de esterilização e desenvolvimento de vacinas promovendo também avanços na área da medicina (ARIATTI, 1993).

Da mesma maneira, contemporâneo de Pasteur e Cohn, Robert Koch se notabilizou no desenvolvimento de técnicas de fixação de bactérias e na melhoria do microscópio que ainda possuía sérios problemas de iluminação. Ele compreendeu que as bactérias inicialmente transparentes em meio aquoso, e de difícil visualização, poderiam ser fixadas após a adição de corantes como eosina, fucsina e safranina. Ademais realizou melhorias consideráveis, em conjunto com Ferdinand Cohn, na iluminação e resolução do microscópio composto, tornando-se o primeiro cientista a utilizar o condensador que difunde a luz de maneira regular no objeto e o primeiro a utilizar o óleo de imersão no microscópio (BLEVINS; BRONZE, 2010).

Atualmente a Microbiologia ocupa lugar de destaque quando se refere à sua importância no campo da saúde humana. Muitos microrganismos, especialmente bactérias, são responsáveis por epidemias que assolam a humanidade desde a antiguidade, daí compreende-se a vital importância do desenvolvimento dessa área e a compreensão da sua relevância para a manutenção da saúde do ser humano (CÂNDIDO; SANTOS; AZEVEDO, 2010).

Com relação à Microbiologia relacionada à saúde humana, destaca-se Alexander Fleming e sua já conhecida história ocorrida em 1928, quando o cientista saiu de férias e deixou suas placas de *Staphylococcus aureus* acidentalmente serem contaminadas pelo fungo *Penicillium notatum*. Fleming notou no seu retorno que, os fungos inibiam o crescimento das bactérias ao seu redor, surgindo posteriormente, o primeiro antibiótico que salvou milhares de vidas na época (FERREIRA; PAES; LICHTENSTEIN, 2008).

2.2 Microrganismos

Os microrganismos se dividem em vários grupos de acordo com suas características. A classificação atual proposta por Carl Woese em 1978, divide os seres em três grandes domínios: Bacteria, Archaea e Eukarya. O primeiro e segundo grupo de organismos unicelulares, apesar de muito semelhantes morfológicamente, foram classificados em domínios distintos quando se notou a diferença bioquímica nas membranas, com o grupo das bactérias sendo constituído por peptideoglicanos e as arqueias destituídas desse polímero (TORTORA, 2016) e principalmente diferenças genéticas evidenciadas pela metagenômica.

No domínio dos Eukarya são incluídos os protozoários, fungos, vegetais e animais. Cabendo ressaltar que, neste domínio a maioria dos representantes unicelulares microscópicos se encontra dentro dos três primeiros grupos (TORTORA, 2016). A compreensão da estrutura

e funcionamento dos microrganismos tem grande benefício para a humanidade. Segundo Madigan et al. (2016), a Microbiologia como ciência biológica aplicada está na linha de frente de vários avanços na medicina, veterinária, agricultura e indústria e, a própria vida na Terra depende desses seres microscópicos, capazes de produzir o oxigênio que respiramos.

No solo, os microrganismos são responsáveis por uma série de atividades, sendo essenciais na fixação do nitrogênio, na formação das micorrizas, no papel desempenhado no microbioma da rizosfera e até mesmo na biorremediação, por exemplo no processo de descontaminação do solo com o auxílio dos microrganismos. Mais importante do que antes imaginado, os microrganismos presentes no solo, têm papel fundamental não só na ecologia dos biomas como no desenvolvimento da agricultura e da biotecnologia (CARDOSO, 1992; MARCHETTI; BARP, 2015).

A Biotecnologia, segundo Canhos e Manfio (2010), tem sofrido uma revolução graças ao desenvolvimento da biologia molecular, genômica e bioinformática. Os microrganismos de interesse, com o auxílio da tecnologia, são estudados de forma mais dinâmica com a integração de dados taxonômicos, biogeográficos com suas interações bióticas e abióticas possibilitando assim que, a economia, a indústria e, mesmo as demandas sociais como aumento na produção de alimentos e fármacos, sejam atendidas.

Da mesma maneira, as coleções conhecidas de microrganismos, como o acervo da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), são valiosas para o desenvolvimento da agricultura quando se refere à fertilização biológica do solo, o acervo possui uma das mais variadas linhagens de bactérias fitopatogênicas das regiões tropicais (MELLO; SILVA; WETZEL. 2003).

Os microrganismos, na sua imensa diversidade biológica aparecem também como causadores de diversas doenças no homem, como a malária, a cólera, a dengue, o tétano, a recente COVID-19, e em outros seres vivos, sendo muitas vezes mais conhecidos pelo seu papel de patógenos do que pelos benefícios que são capazes de trazer. Essa associação é comum, pois a própria origem da Microbiologia como ciência está relacionada à busca do homem para a cura e as causas de enfermidades antes fatais. Essa busca tornou pesquisadores como Pasteur e Koch conhecidos, mas também associou os microrganismos, como bactérias principalmente, às doenças pela população geral, informação equivocada que persiste até os dias atuais (MADIGAN et al., 2016).

As bactérias como representantes primordiais dos microrganismos, podem atuar das mais diversas formas interferindo na ecologia dos ecossistemas, atuando no microbioma dos

organismos mais complexos auxiliando na sua sobrevivência e mesmo causando doenças que necessitam cuidado e atenção dos pesquisadores da área (MADIGAN et al., 2016).

O microbioma intestinal humano tem sido tema de interesse de pesquisas ultimamente pois notou-se que sua atuação está muito além do conhecido auxílio na digestão. Atualmente, já se estuda o possível papel que o microbioma intestinal parece exercer sobre funções essenciais no Eixo Cérebro-Intestino, atuando no neurodesenvolvimento, na cognição, no sistema imune e na memória (ZORZO, 2017). Outro estudo também aponta que o microbioma intestinal pode afetar no ganho de peso, observando que pessoas obesas parecem possuir um microbioma intestinal diferente dos indivíduos magros, podendo uma dieta diferenciada ou mesmo um transplante fecal alterar esse quadro (ANNALISA, 2014).

Os eucariotos, como fungos unicelulares, igualmente são fundamentais para a sobrevivência dos seres vivos. Seu papel ecológico citado anteriormente, como exemplo, na associação com outros organismos, formando simbioses essenciais para o desenvolvimento das plantas e consequentemente afetando a produtividade agrícola, são os poucos exemplos da sua versatilidade no ambiente. Na indústria alimentícia, fungos unicelulares como *Saccharomyces* spp. atuam como um dos mais importantes elementos para a fermentação e fabricação de alimentos, tendo com razão, seu destaque na indústria alimentícia e na economia (SOARES; MONASSA, 2014).

Não podemos esquecer do vírus que, mesmo pairando entre o grupo dos seres vivos e não vivos, por conta de sua estrutura acelular, tem um papel considerável quando se referem aos causadores de doenças que assolam a humanidade e mesmo doenças entre outros eucariotos.

Atualmente, com o fenômeno das epidemias e pandemias, o interesse por esse grupo de microrganismos acende a discussão sobre a relevância da pesquisa científica na área e transforma o tema em foco de interesse da sociedade. Nos últimos anos, doenças emergentes como as febres causadas pelo vírus Zika, Chikungunya, e mais recentemente o SARS-CoV-2 responsável pela COVID-19 (ZU et al., 2020) e reemergentes como a dengue e a febre anarela, têm se mostrado como doenças que merecem mais pesquisas com o intuito de sanar os problemas que causam socialmente.

2.3 Lentes de magnificação

Entre os séculos XVI e XVII já se havia compreendido que lentes comumente utilizadas em óculos poderiam ser utilizadas para magnificação de objetos. Utilizadas por cientistas como Hans e seu filho Zacharias Jansen, Galileo Galilei, Leeuwenhoek e Robert Hook entre outros, esses pequenos pedaços de vidro permitiram a descoberta de um mundo de organismos e pequenas estruturas jamais vista.

Todavia, as pequenas esferas de vidro muito utilizadas por Leeuwenhoek e Hooke em suas pesquisas se mostraram desafiadoras, pois hoje compreende-se que a lente esférica não é a ideal para a magnificação de estruturas microscópicas devido às aberrações cromáticas. As aberrações esféricas ocorrem em função dos raios que atingem a lente paralelamente serem focalizados em pontos ligeiramente diferentes, ou seja, a luz que passa pelas bordas tem distância focal diferente do que a luz que passa pelo centro da lente. Outro fator que diminui a nitidez da imagem é ocasionado pelos diferentes índices de refração da luz que também contribuem para que os feixes de luz sigam para direções diferentes (MANNHEIMER, 2002).

As soluções criadas para resolver as aberrações das lentes esféricas foram diminuir sua esfericidade ou, no caso dos microscópios, diminuir também a abertura de entrada de luz, o que diminuiria o ângulo formado pela imagem. Atualmente, as lentes asféricas, o oposto de esféricas, são muito utilizadas na correção de problemas de visão, por serem mais finas e planas a imagem forma-se sem aberrações nas laterais o que permite a formação de imagens mais próximas do real (MANNHEIMER, 2002; CROFT, 2006).

Os microscópios ópticos de alto custo comumente utilizados em laboratórios para visualização de microrganismos ou de estruturas microscópicas possuem um complexo conjunto de componentes ópticos como as lentes oculares e as lentes objetivas para resolver os problemas de aberrações. Mais propriamente, as objetivas atuais têm a capacidade de corrigir esses tipos de aberrações dependendo da sua qualidade, podendo ser desde uma lente acromática que corrige apenas as aberrações de comprimento de onda como o vermelho e azul até as lentes planacromáticas que corrigem as aberrações de comprimento de onda e de curvatura de campo (VIEIRA, 2008).

2.4 A importância da experimentação em sala de aula

A busca por novas metodologias que auxiliem o estudante do ensino médio a compreender os conceitos ensinados na disciplina de Biologia, mais especificamente da área da Microbiologia, faz repensar sobre as práticas em sala de aula. A necessidade de contextualização das informações passadas ao estudante e mesmo a importância de aguçar a curiosidade e despertar no aluno o raciocínio científico é o caminho que norteia as escolhas para uma prática adequada.

O estudo das Ciências afastado de situações problemas e da experimentação se distancia do propósito de formar cidadãos críticos, pois separa o estudo epistemológico da sala de aula e foca na transmissão-assimilação de conteúdo, o que resulta em alunos com dificuldade de reconhecer, compreender e utilizar de maneira coerente o conhecimento científico no cotidiano. (PRAIA; CAHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002).

As práticas dos educadores em Biologia devem, portanto, possibilitar aos sujeitos a compreensão dos problemas ambientais e sociais de modo integrado, assim como suas contradições, muitas vezes vivenciadas pelo aluno, para que esses possam estar instrumentalizados para transformá-las ou ao menos questioná-las (DO CARMO; SCHIMIN, 2013).

O uso de práticas laboratoriais pode não somente estimular a curiosidade dos alunos e torná-los mais receptivos ao conteúdo, mas, sobretudo os estimular a pensar analiticamente, observando e levantando dados. A mera inserção de atividades práticas laboratoriais em aula não é suficiente para o aprendizado da Biologia. Para isso é necessário que o professor desafie o aluno para a realização da investigação, confrontando-o com problemas a serem resolvidos, estimulando a reflexão em torno de soluções por eles apresentadas. O professor-mediador precisa abordar os conhecimentos conceituais e procedimentais de modo que o aluno consiga formular hipóteses, realizar a experimentação e analisar as evidências e seus significados (GOMES; BORGES; JUSTI, 2008; DEMO, 2014).

Sendo assim, faz-se necessária a busca por formação e materiais complementares para que os professores desenvolvam sua prática pedagógica estabelecendo as relações entre o conhecimento biológico e químico e os aspectos sociais, políticos, econômicos e ambientais (TEIXEIRA; OLIVEIRA, 2005).

A partir da década de 70, os educadores compreenderam que a Biologia deveria preparar os estudantes para solucionar problemas diante das novas demandas sociais. Entre elas, as

demandas relacionadas à agricultura e seu impacto sobre o ambiente, ou mesmo o aumento da violência social deveriam fazer parte do currículo escolar. Os educadores concluíram que o estudante deveria aprender não somente os conceitos básicos, mas também analisar os processos de investigação científica e analisar as implicações sociais da ciência e tecnologia (KRASILCHIK, 2008).

Há necessidade do uso de novas metodologias de ensino em Biologia, todavia há diversos fatores que atrapalham o processo, como a formação acadêmica deficiente dos professores, despreparo para utilizar outros recursos e metodologias de ensino, estagnação no processo de formação continuada entre outros. Além disso, embora os professores tenham grande interesse em desenvolver estudantes críticos, passam por outras dificuldades como poucas aulas semanais, desinteresse dos estudantes e falta de recursos materiais (PLIESSNIG; KOVALICZN, 2009).

Da mesma maneira, Cândido, Santos e Azevedo (2015), em seu levantamento sobre o uso de práticas em Microbiologia no ensino médio, observaram que quando o professor apenas ministrava o conteúdo sem a utilização de práticas, o fato se devia à insegurança para realização de práticas e mesmo sobrecarga de atividades, impossibilitando a execução de aulas práticas em ambiente escolar, o que resultava em estudantes pouco participativos e dispersos.

Com o objetivo de estender as tecnologias para além da universidade, Kimura (2013) em sua experimentação teórico-prática, percebeu que os estudantes do ensino médio apresentaram maior desempenho na avaliação de conhecimentos básicos acerca do tema quando aplicada uma prática em laboratório que possibilitava melhor entendimento do assunto, mostrando que os estudantes conseguiram enriquecer seus conhecimentos em Microbiologia.

Com o intuito de facilitar a investigação de microrganismos em aula prática experimental, pesquisadores como Da Silva, Baltar e Bezerra (2019) desenvolveram como material alternativo um aparador de acrílico com capas de CD, madeira como apoio e lente de laser óptico de DVD com iluminação de LED. O aparelho permitiu a visualização de nematoides, ácaros, protozoários satisfatoriamente, no entanto, não relatou o aumento alcançado pela lente. Em projeto semelhante, Prates (2015) construiu um modelo utilizando o mesmo tipo de lente (leitor de DVD), todavia ela foi inserida em material plástico reutilizado com base plástica também reutilizada, com iluminação de lanterna. O pesquisador alcançou uma magnificação de 40x e 100x, relatando a possibilidade de visualização de células animais.

Além disso, outras versões mais simples como a projeção de luz de um *laser pointer* em gota de água também é utilizado em sala de aula com sucesso, como mostra Oliveira, Melquiades; Ferreira (2017), cujos resultados positivos se deveram ao baixo custo do

equipamento experimental e a facilidade no uso pelos estudantes, relatando apenas que a dificuldade de realização quando à presença de muito luz no ambiente, já que a projeção do laser pela gota de água necessita de ambiente escuro.

Entusiasta da ciência doméstica de baixo custo, Yoshino (2017) relatou também a importância do desenvolvimento de protótipos caseiros de menor custo e desenvolveu um protótipo de suporte para *smartphone* com base de madeira e duas plataformas de acrílico, sendo que uma plataforma serve de apoio para o *smartphone* e outra plataforma como base de encaixe para uma lente retirada de um *laser pointer*, iluminada com uma pequena lanterna de luz de LED seria possível visualizar até mesmo células animais. O pesquisador relata que a magnificação desse suporte caseiro associado ao *smartphone* poderia chegar a 100x, associado ao zoom do *smartphone* alcançaria até 175x e na utilização de uma segunda lente poderia atingir 325x. Sendo adequado para a utilização em escolas por professores de Ciências ou Biologia.

A utilização de equipamentos e material de baixo custo aparece como uma alternativa viável. Segundo Machado (2017), materiais simples e que fazem parte do dia a dia do estudante, são uma alternativa para equipamentos de alto custo, que muitas vezes não podem ser adquiridos pelas escolas. Com a introdução de materiais alternativos de fácil construção e obtenção os professores podem inserir aulas experimentais que aproximam o estudante das ciências investigativas.

As práticas de Microbiologia são fundamentais, mas nos últimos anos a elevação dos preços dos materiais de laboratório como vidrarias, meios de cultura e equipamentos dificultaram a sua aquisição e conseqüentemente a realização de práticas experimentais em sala de aula. Daí vem a necessidade da utilização pelos docentes de materiais alternativos que facilitem o aprendizado na área (BARBOSA; DE LIMA, 2010).

O custo dos equipamentos de laboratório são um dos maiores empecilhos para a realização de práticas nas escolas públicas. Berezuk e Inada (2010) constataram que as escolas públicas utilizam o espaço do laboratório para aulas práticas com menos frequência que as escolas particulares, por estarem em condições precárias e pela falta de equipamentos e materiais, por conta dessas dificuldades, as aulas experimentais nas escolas públicas são limitadas mesmo tendo o mesmo número de aulas.

Compreende-se então a relevância dos professores e outros pesquisadores elaborarem projetos que envolvam a criação de material alternativo para uso em laboratórios de Ciências nas escolas públicas ou mesmo outras instituições de ensino.

3 OBJETIVO GERAL

Propiciar um modelo de microscópio alternativo, para que professores de Ciências e Biologia de Ensino Fundamental e Médio possam realizar práticas de baixo custo em laboratório escolar orientadas por uma sequência didática que inclua o estudo de microrganismos.

3.1 Objetivos específicos

- Construir microscópio portátil de baixo custo para a visualização de leveduras, utilizando dois protocolos, o primeiro de lente esférica ou lente plano-convexa e o segundo com lente plano-convexa associado a suporte de acrílico sugerido por Yoshino (2017).
- Avaliar o uso do melhor microscópio alternativo na observação de leveduras.
- Desenvolver o seguinte produto: criar uma sequência didática para o uso do microscópio alternativo.

4 METODOLOGIA

4.1 Construção e avaliação de microscópio de lente esférica de baixo custo associada a *smartphone*

A primeira etapa do projeto foi realizada no Laboratório de Microbiologia Yasuyoshi Hayashi, Departamento de Patologia Básica, Setor de Ciências Biológicas da UFPR.

Para a realização do teste de lentes foram selecionadas seis pequenas lentes, sendo quatro lentes esféricas de vidro semelhantes às utilizadas por Robert Hooke, com os tamanhos de 1mm, 3,5mm, 5mm (YCLAB) e 8mm (H-K9L (N-BK7) respectivamente. Também foram acrescentadas duas lentes plano-convexas de 5mm de diâmetro, sendo um modelo utilizado em leitores de CD/ DVD (Samsung Soh-dl6 Dl6 Dvd Sd7050), e outro modelo (Lente Plástica – F7) utilizado em canetas *laser pointer*.

Os testes de lente foram realizados nas dependências do laboratório da UFPR após a definição e escolha dos materiais, bem como, a construção da base de apoio. Para o experimento foi utilizado um aparelho de celular *Smartphone Motorola Moto G7 Power* da pesquisadora, sendo a maior parte das fotos tiradas com a câmera traseira, sendo especificada quando ocorreu o uso da câmera dianteira. Como material de apoio também foram utilizados uma régua milimetrada como modelo de objeto a ser observado, borracha de látex cortada em pequenos pedaços com um orifício no meio como base de apoio para as lentes esféricas, grampo de cabelo utilizada como apoio da lente plano-convexa, fita adesiva para aderir as lentes próximo à câmera traseira do *smartphone*. Para observação foram utilizadas duas lâminas com lamínula sobreposta com um preparado de fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*) em processo de fermentação, uma das lâminas foi corada com violeta de genciana e outra lâmina foi observada a fresco.

Os critérios adotados para uniformizar o teste de lentes foram baseados no aumento possibilitado pela câmera do *smartphone*, cujo zoom máximo é equivalente a 8x. Determinou-se que cada lente esférica ou plano convexa seria testada em três situações: sem zoom, ou seja, equivalente ao seu aumento natural, o aumento proporcionado pela lente mais um zoom da câmera do *smartphone* equivalente a 4x e finalmente o aumento proporcionado pela lente mais o zoom equivalente a 8x proporcionado pelo *smartphone*, totalizando três testes para cada lente.

O grupo controle de testes foi realizado no microscópio óptico o que possibilitou não somente a comparação relativa à magnificação, como também relacionadas ao grau de nitidez e as distorções provocadas pelas lentes. O objeto escolhido para observação, a régua

milimetrada, cujas unidades de medida eram pequenos riscos marcados com tinta vermelha, facilitaram a visualização e avaliação de cada lente.

4.2 Construção e avaliação de microscópio de lente plano-convexa de baixo custo associado a *smartphone*

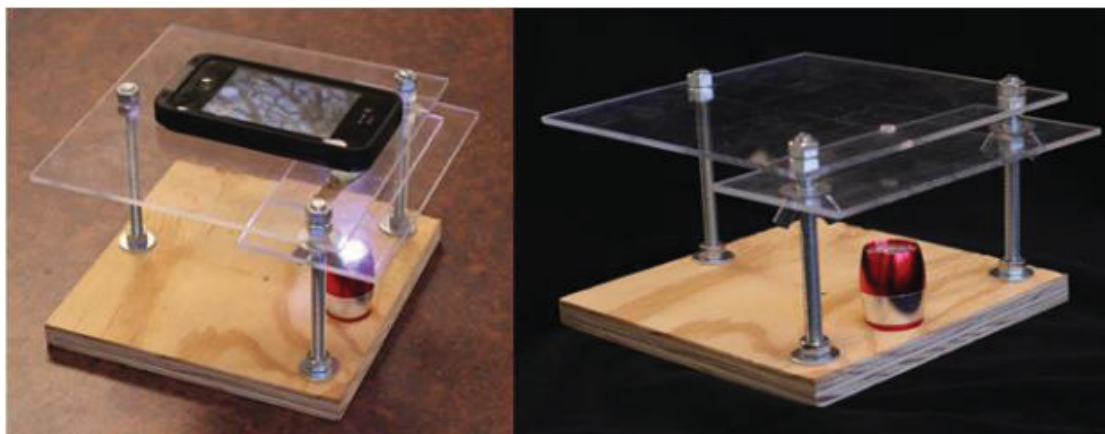
A construção de uma base de apoio tanto para o celular *smartphone* como para a lente, foi baseada no trabalho de Yoshino (2017), que construiu seu protótipo de microscópio de baixo custo não somente para auxiliar estudantes e professores em estudo e pesquisas, mas também para resolver o problema da difícil focalização de microestruturas quando o *smartphone* é segurado com as mãos.

Yoshino (2017) sugere que o microscópio construído com materiais de baixo custo e com lente comumente utilizada em canetas *laser pointer* quando associado ao *smartphone* torna-se um microscópio digital capaz de magnificar estruturas até em 325x.

Resumidamente, a metodologia proposta por Yoshino (2017) consiste em utilizar uma base de madeira quadrada acoplada a um apoio de acrílico transparente retangular para a lâmina a ser visualizada por meio de 2 parafusos franceses e móvel por meio de porcas borboletas; e acima desse suporte para lâmina, uma outra placa de acrílico quadrada, essa sendo fixa por meio de 3 parafusos franceses, que suporta a lente plano-convexa; a iluminação se dá por meio de uma mini-lanterna de LED, como pode ser observado na Figura 7. As modificações do modelo construído neste trabalho foram relacionadas à retirada das porcas de suporte da placa de acrílico maior e a fixação dessa placa com o uso de massa adesiva acrílica epóxi.

Além da avaliação qualitativa do grau de magnificação alcançado pelo microscópio modificado de Yoshino (2017) utilizando régua milimetrada, para uma determinação quantitativa do grau de magnificação foi utilizada uma lâmina de calibração de microscópio (Marca: ZZCAT, Modelo FHCW09.909 Stage Microscope Slide) com zoom digital de 4x da câmera traseira do *smartphone* (Quantum MUV ao microscópio modificado de Yoshino, 2017) e ao microscópio óptico (objetivas de 10x e 40x, com aumento ocular de 10x, aumento total de 100x e 400x, respectivamente).

Figura 7 - Foto de modelo do microscópio de baixo custo associado ao *smartphone*.



Fonte: YOSHINO, K. (2017)

Foram testadas para observação no microscópio modificado de Yoshino (2017) em comparação com microscópio óptico comercial (Olen) uma suspensão de leveduras de fermento biológico em lâmina coberta com lamínula de vidro e fungos filamentosos de bolor de morango e de laranja pela técnica de fita adesiva. Nessa técnica (MORAES; PAES; HOLANDA, 2009), um pedaço de fita adesiva foi cortada e colocada em contato com a colônia fúngica com a cola para baixo; após comprimir com um palito de dente para que os fungos filamentosos colem na fita, a fita foi colocada sobre uma gota de água depositada sobre a lâmina de vidro e a fita foi recoberta com lamínula, sendo imediatamente observada ao microscópio modificado de Yoshino (2017) com zoom digital de 4x da câmera traseira do *smartphone* (Quantum MUV) e ao microscópio óptico (objetivas de 10x e 40x, com aumento ocular de 10x, aumento total de 100x e 400x, respectivamente).

Também foram testadas as observações de lâminas permanentes com objetos maiores como de epiderme de *Allium cepa* (cebola) corada com azul de metileno (de kit de lâminas que acompanha o microscópio Bluetek modelo BM-2XT) e de pólen de *Lilium* sp. (lírio) de kit de lâminas GX.Diffuser.

4.3 Sequência Didática com o uso de microscópio alternativo como sugestão de prática de Microbiologia no Ensino Médio

A sequência didática proposta foi desenvolvida para a inserção de aulas práticas com leveduras como indutora da curiosidade e geradora de questões problematizadoras, com base em práticas propostas por MALAJOVICH (2006) e YOUNG (2011) que foram modificadas para este trabalho.

Como sugestão inicial, a atividade 1 (apêndice 1) resume-se à observação do fermento biológico fresco pelos estudantes e à reflexão sobre sua possível composição com a questão norteadora “*O que faz a massa de pão crescer?*”, nela o professor pode fazer observações pertinentes como a sua utilização na indústria alimentícia levando o estudante a concluir sua função e a possível composição.

Na atividade 2 (apêndice 2) o estudante estimulado pela questão norteadora “*Como o fermento biológico de pão faz a massa de pão crescer?*”, realizaria uma prática simples com copos de café contendo as misturas levedura, água morna ou fria, farinha e a adição ou não de açúcar, podendo observar quais das variantes poderiam afetar no crescimento da massa e assim tirar suas próprias conclusões.

Na atividade 3 (apêndice 3) a proposta gira em torno da observação de uma gota de suspensão de levedura e água no microscópio adaptado de Yoshino, podendo assim o estudante refletir em torno da pergunta norteadora “*Do que é feito o fermento biológico de pão?*”.

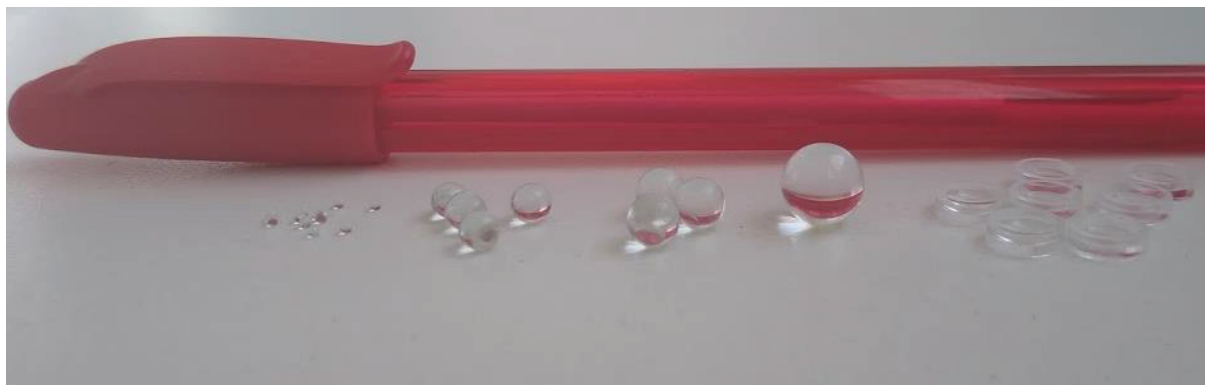
A atividade 4 (apêndice 4) é uma adaptação da prática experimental de Malajovich (2006) que observou com seus estudantes a influência das variáveis farinha, açúcar, água morna e levedura no crescimento da mistura, todavia, simplificando a prática, sugere-se como variável alternar-se a quantidade de açúcar, podendo assim observar sua influência no crescimento da massa.

A atividade 5 (apêndice 5) se utiliza da mesma mistura proposta na atividade 4 preparada em menor quantidade, com exceção da farinha, ausente. Nela, sugere-se, de forma inédita neste trabalho, que o estudante observe o crescimento das bolhas de gás no microscópio de Yoshino, podendo assim, realizar uma medição de quais variáveis influenciam mais no aparecimento das bolhas.

5 RESULTADOS

O primeiro sistema de microscópio caseiro a ser avaliado foi o de lentes esféricas e o de lentes plano-convexas sem módulo de apoio para smartphone (referências), pelo menor custo e facilidade de construção. Para isso foram utilizadas as lentes esféricas de 1mm a 8mm de diâmetro (Fig. 8) facilmente acopladas pelo uso de lâminas de borrachas de látex cortadas nas espessuras apropriadas ou por meio de grampo de cabelo (Fig. 9 e 10).

Figura 8 - Lentes esféricas de vidro de 1mm, 3,5mm, 5mm e 8mm respectivamente, seguido de lente plano-convexa utilizada em canetas laser pointer em comparação com uma caneta.



Fonte: A autora (2019)

Figura 9 – Borracha látex, fita adesiva, grampo de cabelo com lente plano-convexa e lentes esféricas colocadas em base de borracha látex.



Fonte: A autora (2019)

Figura 10 - Lente plano-convexa comumente usada em caneta laser pointer encaixada em grampo de cabelo e sendo fixada à câmera traseira do smartphone com fita adesiva.



Fonte: A autora (2019)

Para a construção do 2º modelo de microscópio caseiro, foram feitas modificações no protocolo de Yoshino (2017):

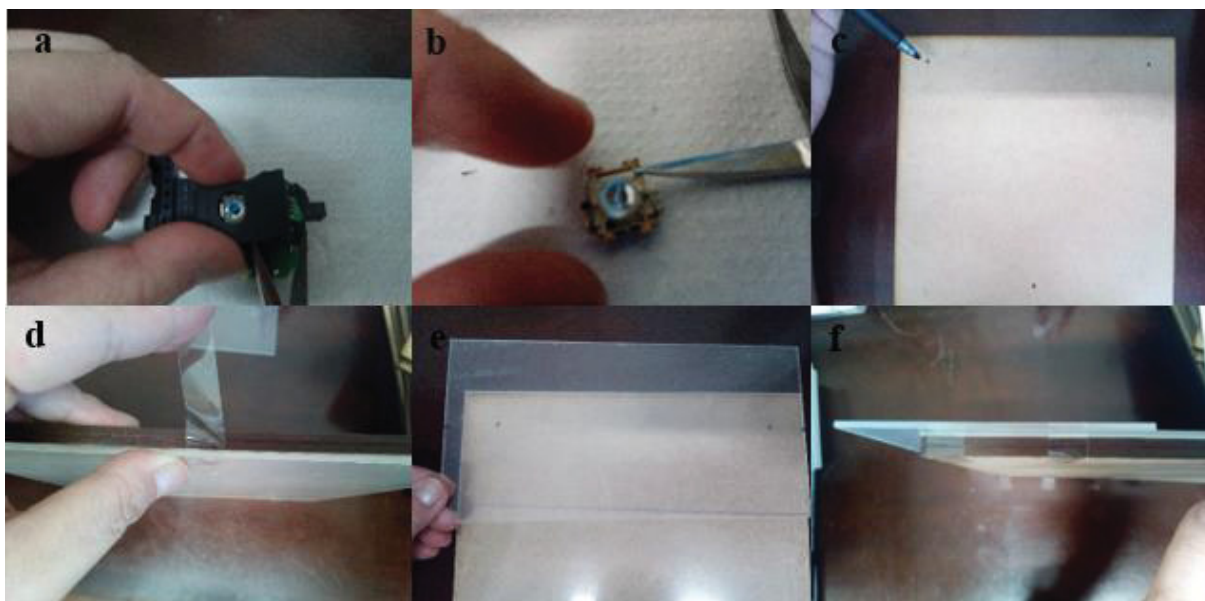
a) utilizando parafuso francês meia rosca (ao invés de rosca inteira, sugerido no protocolo), que foi o modelo que conseguimos encontrar facilmente para a compra;

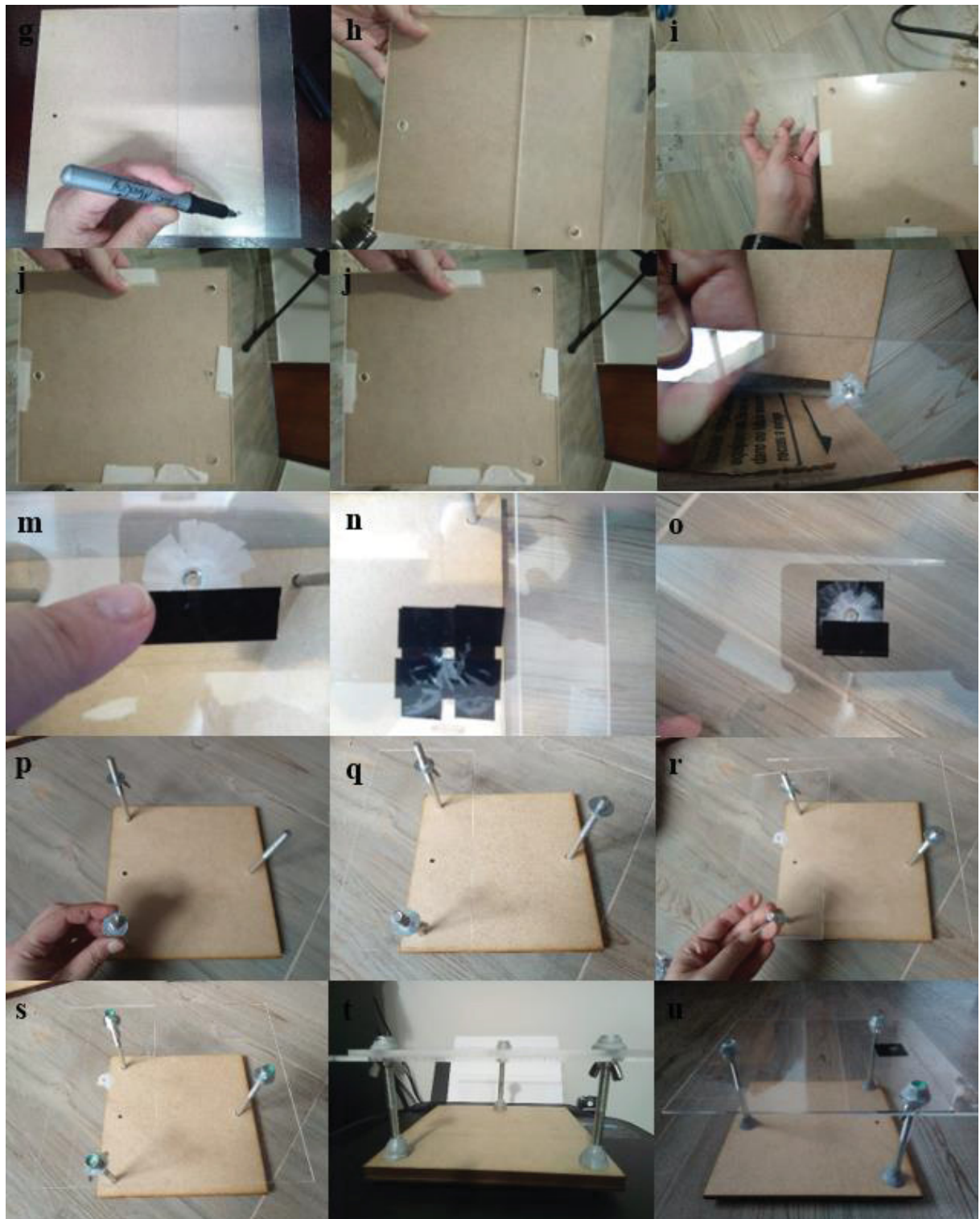
b) preenchendo o orifício que ficou levemente maior que o diâmetro da lente de DVD com fita adesiva para que a lente não ficasse caindo ao menor movimento do microscópio;

c) removendo a porca que originalmente iria logo abaixo da placa de acrílico maior para poder aproximar o suporte de lâminas mais proximamente à lente (Fig. 11t). Nem todos os parafusos são facilmente encontrados para a compra e ao se colocar rosca para segurar a placa de acrílico menor por baixo, objetos muito pequenos como leveduras e fungos filamentosos não podem ser visualizados, de modo que se verificou a necessidade de retirar essa peça para que a lâmina fosse aproximada ainda mais à lente.

Figura 11 - Passo a passo da construção do microscópio caseiro de Yoshino com modificações. **a, b)** retirando a lente de DVD do aparato óptico para leitor de DVD; **c)** marcando com caneta permanente na placa de MDF 20x20, 2 pontos de interseção 2x2 cm (partindo dos vértices do quadrado) em um dos lados e no lado oposto, 1 ponto de interseção 2x10cm; **d)** prendendo 1 placa de acrílico 20x20cm sobre a placa de MDF com o auxílio de fita adesiva e marcar novamente os 3 pontos na mesma posição encontrada na placa de MDF, sobre a folha de proteção das placas de acrílico; **e, f, g)** fazendo 2 marcações na altura de 5cm, uma em cada lado menor da placa retângula de acrílico de 10x20cm e posicionar na mesma altura dos 2 pontos da placa de MDF (dessa forma, essa placa menor de acrílico ficará com 3cm de sobra a partir da placa de MDF); prendendo a placa de acrílico menor sobre a placa de acrílico maior com o auxílio de fita adesiva, fazendo novamente 2 marcações sobre a folha de proteção da placa de acrílico menor; **h)** com o auxílio de uma furadeira com broca de madeira (tamanho 8) conectada, foram feitos 2 furos nos locais marcados em um dos lados (a furadeira foi utilizada para furar simultaneamente a placa de

madeira, a placa de acrílico maior e a placa de acrílico menor); foi feito 1 furo no local marcado no lado oposto (a furadeira foi utilizada para furar simultaneamente a placa de MDF e a placa de acrílico maior); os 3 furos produzidos servem para a passagem dos parafusos franceses; os furos foram produzidos com as placas ainda embaladas pela folha adesiva de proteção, de modo a evitar que a placa riscasse (dificultando a passagem da luz) ou quebrasse facilmente nos pontos em que seriam furadas; **i)** a placa de acrílico menor foi retirada e feita uma nova marcação no ponto 2x10cm na placa de acrílico maior, sobre a folha adesiva de proteção; **j)** com o auxílio de uma broca de madeira tamanho 5, foi feito um furo para permitir o encaixe da lente de DVD; uma broca de tamanho 5 para concreto foi passada na circunferência para aumentar o diâmetro do furo central, até que a lente conseguisse ser encaixada; as placas de MDF e acrílico maior foram separadas e o adesivo de proteção de ambas as placas de acrílico foram retirados; **k, l)** como a lente estava demasiado solta dentro do furo, foram colados pequenos pedaços de fitas adesivas conectando a face superior e a inferior da placa de acrílico; fez-se o encaixe da lente com a parte côncava voltada para cima e a face convexa voltada para baixo; **m, n, o)** foram colados adesivos em torno da lente (na face superior e na face inferior da placa de acrílico) para tornar mais segura a sua fixação, deixando cerca de 1mm do lado da fita em contato com a lente; **p)** foram passados os 3 parafusos franceses pela placa de MDF; rosqueadas as 2 porcas borboletas em um dos lados e 1 porca sextavada no lado oposto; colocadas 3 arruelas nos parafusos franceses; **q)** foi acomodada a placa de acrílico menor passando pelos 2 parafusos franceses em 1 dos lados; **r)** foi acomodada a placa de acrílico maior passando pelos 3 parafusos franceses sem porca intermediária entre as placas e **s)** conectadas 3 porcas Nylon baixas nos parafusos franceses; **s)** subiram-se as placas de acrílico girando as 2 porcas borboletas e a porca sextavada, até que ficassem firmemente rentes à porcas Nylon; **t)** utilizou-se a massa adesiva epóxi para prender firmemente os parafusos franceses à base de MDF e também para prender as porcas Nylon à superfície superior da placa de acrílico maior; **u)** após 48h, com a massa adesiva já bem seca, giraram-se as porcas borboletas para baixar a placa de acrílico menor (suporte para as lâminas).

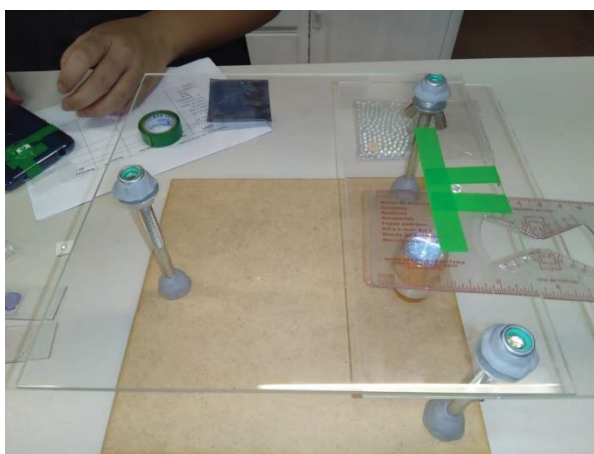




Fonte: A autora (2019)

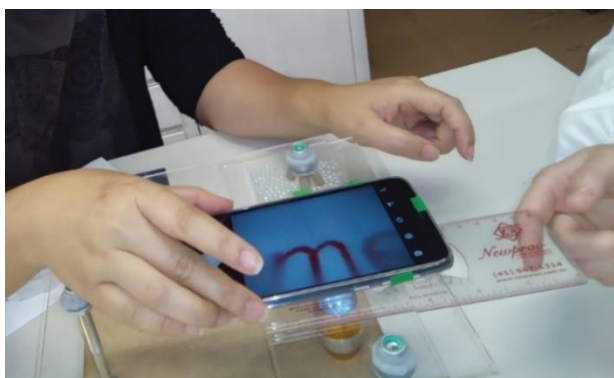
Uma outra modificação realizada foi colar guias de fita adesiva colorida na placa de acrílico maior e no smartphone para facilitar a sobreposição da câmera traseira do aparelho celular à lente de DVD (Fig. 12). A Figura 13 mostra o *smartphone* sobre o microscópio de Yoshino modificado.

Figura 12 - Microscópio de baixo custo construído no laboratório da Universidade Federal do Paraná. A fita adesiva na cor verde serviu de guia para o ajuste correto entre as lentes do *smartphone* e do aparador de acrílico.



Fonte: A autora (2019)

Figura 13 - *Smartphone* sendo ajustado sobre o aparador de acrílico e régua milimetrada sendo colocada no aparador inferior.



Fonte: A autora (2019)

Como pode ser observado na Tabela 1, o custo de confecção de ~R\$ 75,00, está bem abaixo dos menores valores (em torno de ~1.400,00) observados para microscópio óptico convencional (cerca de 5% do valor de um microscópio convencional mais barato).

Tabela 1 - Custo de confecção do microscópio de Yoshino (adaptado para visualização de levedura e fungos filamentosos).

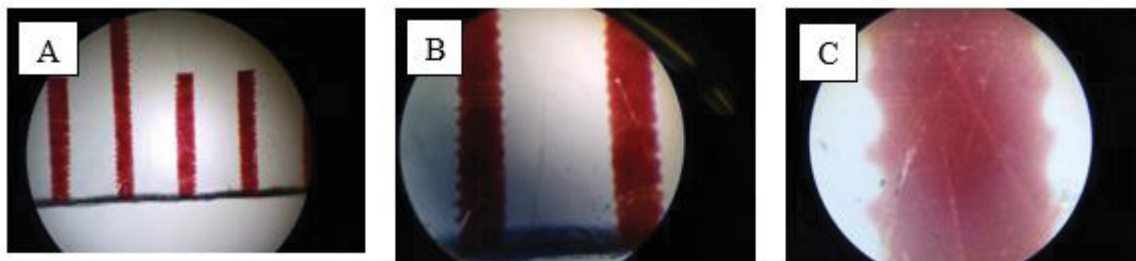
Item	Descrição	Quantidade	Preço unitário	Subtotal
1	Chaveiro lanterna com 6 leds, tamanho 5cmx3cm, marca GT, modelo GT0247	1	R\$ 15,60	R\$ 15,60
2	Unidade Ótica Laser Samsung Soh-dl6 D16 Dvd Sd7050	1	R\$ 19,22	R\$ 19,22
3	Placa de acrílico cristal 2mm de espessura, 20x20cm	1	R\$ 12,62	R\$ 12,62
4	Placa de acrílico cristal 2mm de espessura, 10x20cm	1	R\$ 6,31	R\$ 6,31
Item	Descrição	Quantidade	Preço unitário	Subtotal
5	Chapa Placa Madeira Mdf Cru 3mm 20x20cm	1	R\$ 1,25	R\$ 1,25
6	Parafuso Francês com Porca UNC 5/16" X 4.1/2" Classe 5.8 Ferro Zincado Branco	3	R\$ 1,34	R\$ 4,02
7	Arruela Lisa 5/16" (8.6 x 21 x 1.2) Aço Carbono Zincado (Trivalente)	3	R\$ 0,21	R\$ 0,63
8	Porca Borboleta UNC 5/16" - 18 Chave Inox 304/A2 Passivado	2	R\$ 4,20	R\$ 8,40
9	Porca Nylon Baixa UNC 5/16" - 18 Chave 1/2" Ferro Zincado Branco	3	R\$ 0,23	R\$ 0,69
10	Porca Sextavada Torque UNC 5/16" - 18 Chave 1/2" Zincado Branco	1	R\$ 0,26	R\$ 0,26
11	Massa adesiva epóxi Durepoxi Loctite	50g	R\$ 5,43	R\$ 5,43
TOTAL				R\$ 74,43

Fonte: A autora (2019)

O teste controle (Figura 14), realizado em microscópio óptico serviu de referência na análise por comparação das lentes de menor custo escolhidas para a montagem de um microscópio de baixo custo. Neste grupo, representados pelas fotos 14-A, 14-B e 14-C tiradas no *smartphone* diretamente da ocular do microscópio óptico, observa-se os aumentos de 40x, 100x e 400x proporcionadas pelas lentes objetivas combinadas com a lente ocular do

microscópio. O objeto utilizado como modelo de estrutura a ser observado foi uma régua milimetrada, e nas microfotografias observa-se as faixas em vermelho que representam as unidades de medida da régua.

Figura 14 - Grupo controle: Fotos tiradas com câmera traseira do *smartphone* do objeto (régua milimetrada) observado em microscópio óptico. 14-A) Foto do *smartphone* sem zoom aumento de 40x; 14-B) Foto do *smartphone* sem zoom aumento de 100x; 14-C) Foto do *smartphone*.



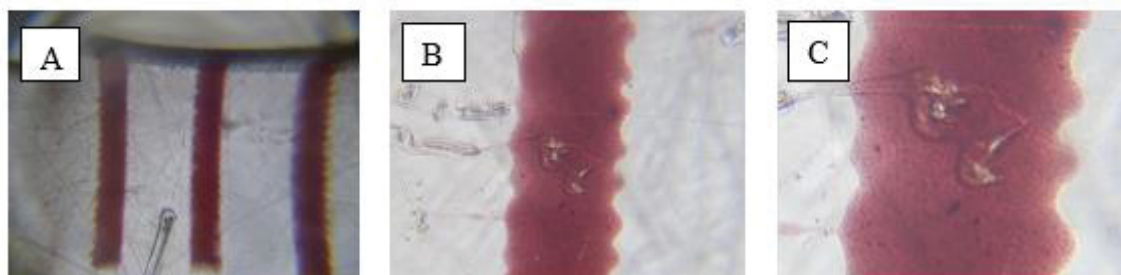
Fonte: A autora (2019)

O teste 1 (Figura 15) foi realizado com lente plano-convexa comumente utilizada em leitores de DVD acoplado ao aparador de acrílico sugerido por Yoshino (2017). Esse grupo teste mostrou alguns achados importantes, nota-se que todas as fotos do grupo (15-A, 15-B e 15-C), tiradas respectivamente sem zoom digital, com zoom de 4x e com zoom de 8x, apresentaram uma magnificação levemente superior quando comparado ao microscópio óptico com aumento de 40x (Figura 14-A), aumento de 100x (Figura 14-B) e aumento de 400x (Figura 14-C).

A foto (15-C) tirada com *smartphone* com zoom de 8x apresentou um aumento final (da imagem obtida nas fotografias) levemente superior ao aumento proporcionado pela lente objetiva mais ocular de 400x no microscópio óptico. No entanto, verificou-se que a fotografia de imagens de microscópio óptico tiradas com o *smartphone* diminuíram a dimensão do objeto quando comparado à visualização direta pelo observador pela ocular, por isso não se pode afirmar que o aumento proporcionado pelo microscópio modificado de Yoshino seja superior a 400x.

Além disso, o foco e nitidez do objeto visualizado parecia similar ao microscópio óptico, no entanto, a resolução das imagens com objetos muito pequenos ainda não tinha sido analisada. Na Figura 15-A notou-se uma pequena distorção das bordas típica de lentes esféricas, decorrente da não convergência da luz no foco e consequente desfoque da imagem nas bordas.

Figura 15 - Grupo teste 1: Fotos tiradas com câmera traseira do *smartphone* com o uso de lente plano convexa de DVD com aparador. Marca na régua próxima ao 4cm. 15-A) Foto do *smartphone* sem zoom; 15-B) Foto do *smartphone* com zoom de 4x; 15-C) Foto do *smartphone* com zoom de 8x.



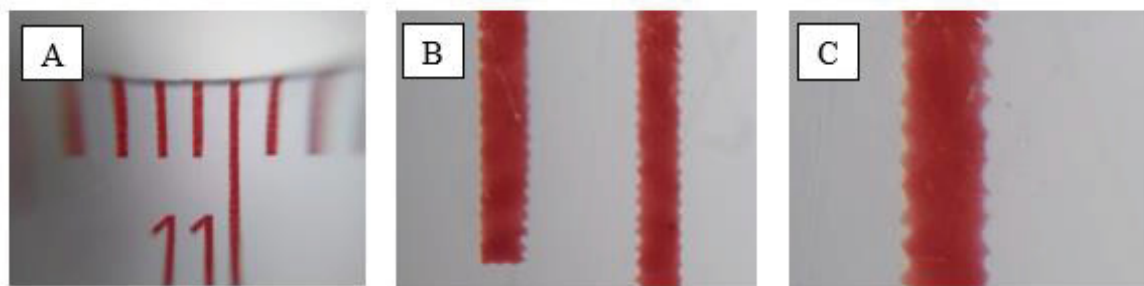
Fonte: A autora (2019)

No teste 2 (Figura 16) foi testada a lente plano-convexa comumente usada em canetas *laser pointer* inserida em grampo de cabelo e colada com fita adesiva junto a câmera traseira do *smartphone*. O aparelho de celular foi colocado sobre o aparador de acrílico para conferir estabilidade e permitir um foco mais preciso pois o manuseio direto do *smartphone* acoplado ao grampo com lente sobre a lâmina se mostrou bastante difícil de estabilizar o foco para a obtenção da imagem a ser fotografada.

As imagens produzidas (Figuras 16-A, 16-B e 16-C) obtiveram grau satisfatório de nitidez, no entanto, observou-se que as imagens produzidas sem zoom da câmera (Figura 16-A) e com zoom de 4x (Figura 16-B) mostraram a linha vermelha do objeto escolhido com magnificação levemente inferior ao apresentado pelo microscópio óptico, ou seja, a lente de *laser pointer* sem o zoom do *smartphone* (Figura 16-A) teve magnificação inferior à da fotografia obtida com objetiva de 4x e ocular de 10x, e quando associado ao zoom de 4x (Figura 16-B) a magnificação foi inferior à da fotografia obtida com objetiva de 10x e ocular de 10x.

Na figura 16-C, mesmo com zoom de 8x do *smartphone*, o aumento equivaleu quase à metade do observado na fotografia obtida com objetiva de 40x e ocular de 10x no microscópio óptico, e também se notou uma distorção maior quando se observou o objeto sem zoom (Figura 16-A) demonstrando que grau de esfericidade da lente interfere na nitidez da imagem nas bordas.

Figura 16 - Grupo teste 2: Fotos tiradas com câmera traseira do *smartphone* com o uso de lente plano convexa de laser pointer com aparador. Marca na régua próxima ao 10,9 a 11cm. 16-A) Foto do *smartphone* sem zoom; 16-B) Foto do *smartphone* com zoom de 4x; 16-C) Foto do *smartphone* com zoom de 8x.



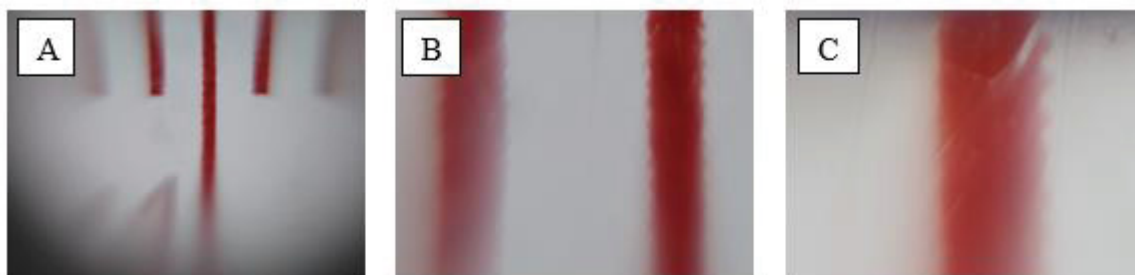
Fonte: A autora (2019)

No teste 3 (Figura 17), a lente esférica de vidro com 8mm de diâmetro foi inserida numa base de borracha de látex com orifício central, que serviu de suporte para a lente e colada junto à câmera traseira do *smartphone* com fita adesiva. Após a sua colocação no aparador de acrílico (devido à dificuldade para a obtenção do foco por meio da aproximação manual da lente ao objeto), observou-se que a esfericidade da lente, mesmo sendo límpida, não permitiu a total nitidez da imagem (Figuras 17-A, 17-B e 17-C), pois a luz incidente convergiu para direções opostas impedindo o total foco da imagem, e somente na região central da foto sem zoom (Figura 17-A) observou-se um certo grau de nitidez.

Quanto à magnificação, a lente de vidro de 8mm permitiu um aumento levemente superior à lente plano-convexa usada em *laser pointer*, como mostra a figura 17-C.

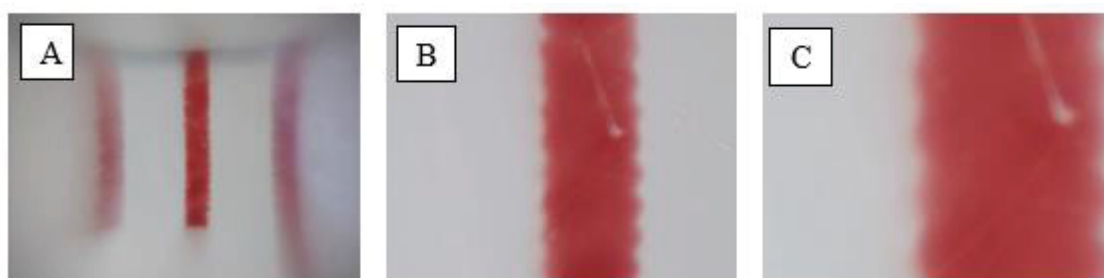
No teste 4 (Figura 18), foi testada a lente de vidro de 5mm igualmente inserida em suporte de borracha látex e colada com fita adesiva na parte posterior do *smartphone*. Uma vez colocada sobre o aparador de acrílico foi possível observar a sua capacidade de magnificação com foto tirada em *smartphone* (Figura 18-A, 18-B e 18-C). Novamente, observou-se o problema da falta de nitidez nas bordas (Figura 18-A), e embora com menor nitidez que o microscópio óptico e da lente plano-convexa de DVD, o grau de magnificação pareceu superior à lente plano-convexa de *laser pointer* e superior à lente esférica de 8mm.

Figura 17 - Grupo teste 3: Fotos tiradas com câmera traseira do *smartphone* com o uso de lente esférica de vidro de 8mm com aparador. Marca na régua próxima ao 10,9 a 11cm. 17-A) Foto do *smartphone* sem zoom; 17-B) Foto do *smartphone* com zoom de 4x; 17-C) Foto do *smartphone* com zoom de 8x.



Fonte: A autora (2019)

Figura 18 - Grupo teste 4: Fotos tiradas com câmera traseira do *smartphone* com o uso de lente esférica de vidro de 5mm com aparador. Marca na régua próxima ao 10,9 a 11cm. 18-A) Foto do *smartphone* sem zoom; 18-B) Foto do *smartphone* com zoom de 4x; 18-C) Foto do *smartphone* com zoom de 8x.

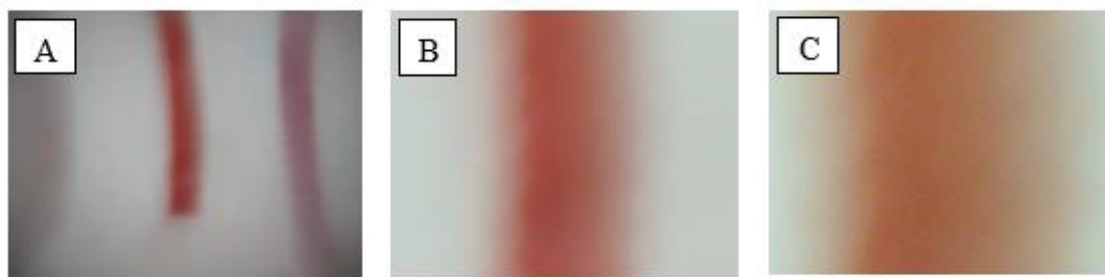


Fonte: A autora (2019)

Nos testes 5 e 6 (Figuras 19 e 20), referentes à lente esférica de vidro de 3,5mm notou-se um problema relativo ao tamanho da esfera, pois por ela ser de diâmetro inferior à placa de acrílico utilizada como aparador, o foco foi mais difícil de ser encontrado (Figuras 19-A, 19-B e 19-C), e na realização de um teste extra sem o aparador, o que possibilitou a aproximação total da lente com o objeto (Figuras 20-A, 20-B e 20-C), notou-se a intrincada rede de fissuras na superfície do objeto que adveio das sombras provocadas pela incidência da luz que afetavam diretamente na nitidez e na espessura do objeto observado.

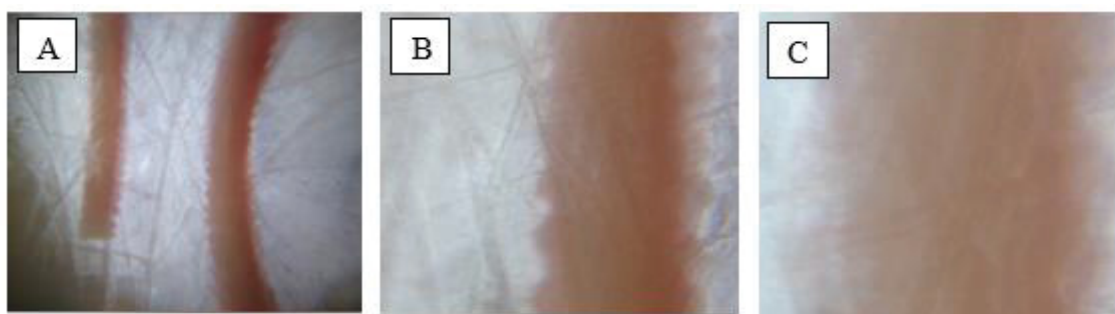
Quanto à magnificação, desconsiderando a falta de nitidez das imagens (Figuras 20-A, 20-B e 20-C) é possível perceber que o aumento foi relativamente maior que os observados em outras lentes. Na imagem 20-A, apesar da distorção provocada pela esfericidade da lente percebe-se uma magnificação superior à da fotografia obtida com objetiva de 4x e ocular de 10x obtida ao microscópio óptico (Figura 14-A) ou mesmo comparado à lente plano-convexa usada em leitores de DVD (Figura 15-A).

Figura 19 - Grupo teste 5: Fotos tiradas com câmera traseira do *smartphone* com o uso de lente esférica de vidro de 3,5mm com aparador. Marca na régua próxima ao 10,9 a 11cm. 19-A) Foto do *smartphone* sem zoom; 19-B) Foto do *smartphone* com zoom de 4x; 19-C) Foto do *smartphone* com zoom de 8x.



Fonte: A autora (2019)

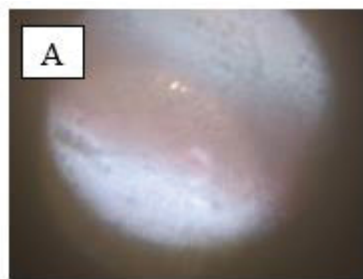
Figura 20 - Grupo teste 6: Fotos tiradas com câmera traseira do *smartphone* com o uso de lente esférica de vidro de 3,5mm sem aparador. Marca na régua próxima ao 10,9 a 11cm. 20-A) Foto do *smartphone* sem zoom; 20-B) Foto do *smartphone* com zoom de 4x; 20-C) Foto do *smartphone* com zoom de 8x.



Fonte: A autora (2019)

E finalmente, no teste 7 (Figura 21-A), referente à lente esférica de vidro de 1mm, constatou-se que quanto menor a lente, mais difícil torna-se o foco e consequentemente a nitidez da imagem. A lente diminuta, embora inserida em base de borracha látex e fixada ao *smartphone* apresentou um grande grau de dificuldade no manuseio. A borracha utilizada, de espessura muito maior que 1mm não permitia a total aproximação da lente ao objeto. O aparador de acrílico também de espessura superior a 1mm não pôde ser utilizado, pois a distância relativa da lente diminuta ao objeto separados pelo acrílico não permitia nenhuma focalização.

Figura 21 - Grupo teste 7: Foto tirada com câmera dianteira do *smartphone* com o uso de lente esférica de vidro de 1mm sem aparador. Marca na régua próxima ao 10,9 a 11cm. A) Foto do *smartphone* sem zoom.



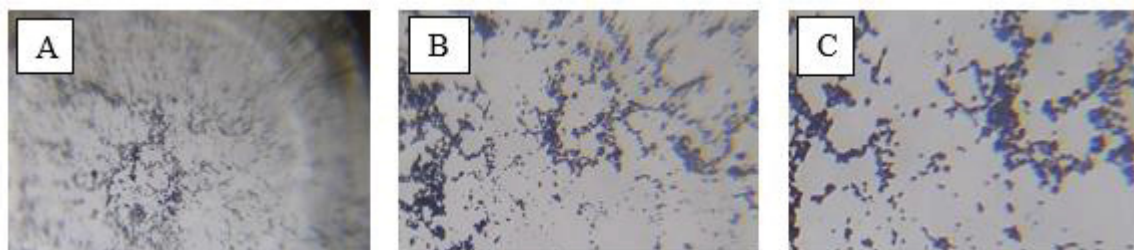
Fonte: A autora (2019)

E mesmo observando o objeto a mão livre com a lente sem borracha de látex colocada sobre a câmera frontal, a lente esférica de 1mm não apresentou em nenhum grau de aproximação testada, foco ou nitidez, impossibilitando então a captura de imagem nítida, e portanto, dificultando o seu uso em prática experimental com estudantes das escolas públicas.

Em teste posterior, a lente plano-convexa utilizada em leitores de DVD, escolhida como a mais apropriada pela nitidez e grau de magnificação e em conjunto com o aparador de acrílico, foi utilizado na análise de material biológico preparado a partir de fermento de pão, ou seja, *Saccharomyces cerevisiae*, considerado material de fácil acesso e não patogênico durante o manuseio tanto ao professor quanto aos estudantes.

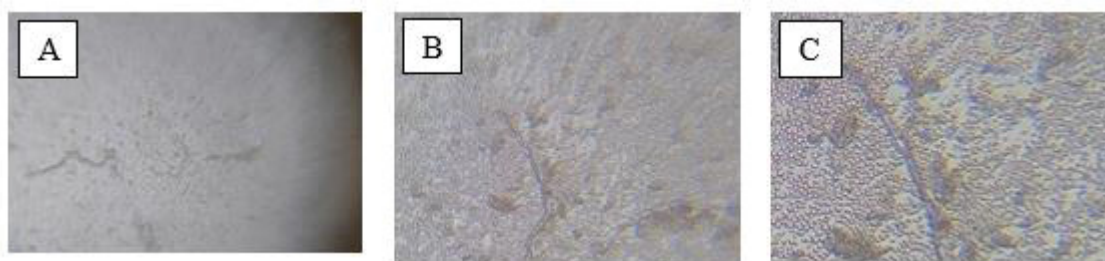
No teste 8 (Figuras 22-A, 22-B e 22-C) as leveduras foram coradas com violeta de genciana na expectativa que ficassem mais evidentes e portanto, facilitando sua visualização, todavia, no teste 9 (Figuras 23-A, 23-B e 23-C) notou-se que esses organismos ficaram mais evidentes quanto à forma real quando observados à fresco, tendo sido possível observar sua estrutura unicelular com certa nitidez (Figura 23-C) quando o aumento é aproximado à da fotografia obtida com objetiva de 40x e ocular de 10x.

Figura 22 - Grupo teste 8: Fotos tiradas com câmera traseira do *smartphone* com o uso de lente plano-convexa de DVD com aparador, de *Saccharomyces cerevisiae* corado com violeta de genciana. 22-A) Foto do *smartphone* sem zoom; 22-B) Foto do *smartphone* com zoom de 4x; 22-C) Foto do *smartphone* com zoom de 8x.



Fonte: A autora (2019)

Figura 23 - Grupo teste 9: Fotos tiradas com câmera traseira do *smartphone* com o uso de lente plano convexa de DVD com aparador, de *Saccharomyces cerevisiae* à fresco. 23-A) Foto do *smartphone* sem zoom; 23-B) Foto do *smartphone* com zoom de 4x; 23-C) Foto do *smartphone* com zoom de 8x.



Fonte: A autora (2019)

A análise realizada pelo presente trabalho constatou que, considerado os quesitos nitidez e grau de magnificação, a lente plano-convexa utilizada em leitores de DVD apresentou melhor desempenho, com um aumento próximo ou superior à imagem obtida por fotografia do campo aumentado pela lente objetiva (40x) mais ocular (10x) de um microscópio óptico (usando *smartphone*), aparelho de microscopia muito utilizado em laboratórios, mas considerado de maior custo.

O microscópio modificado de Yoshino (2017) teve seu grau de magnificação avaliado quantitativamente utilizando lâmina de calibração de microscópio (Figura 24).

Para o cálculo da magnificação alcançada após observação da imagem obtida em tempo real na tela do *smartphone* ao observar o desenho da lâmina de calibração, sabendo que cada divisão do desenho observado equivale a 0,010 mm ou 10 micrômetros, com o auxílio de uma régua foram medidas as distâncias de 10 traços ou divisões (equivalentes a 0,1mm ou 100 micrômetros) ou de múltiplos desses, após o objeto ter sido aumentado (Tabela 2, 3ª coluna).

O aumento observado foi calculado pela relação do comprimento em milímetros da imagem aumentada pelo microscópio/comprimento real de 0,1mm.

A medição também foi realizada para as imagens das fotografias de 72 dpi de resolução (Figura 24, imagens com mais de 1Mb de tamanho) quando elas foram copiadas diretamente para o programa de edição de texto Word, e selecionando apenas o campo desejado com a ferramenta de imagem desse programa “formatar” e “cortar”, que promove o corte sem alterar o tamanho do objeto visualizado dentro da fotografia (Tabela 2, 4ª coluna).

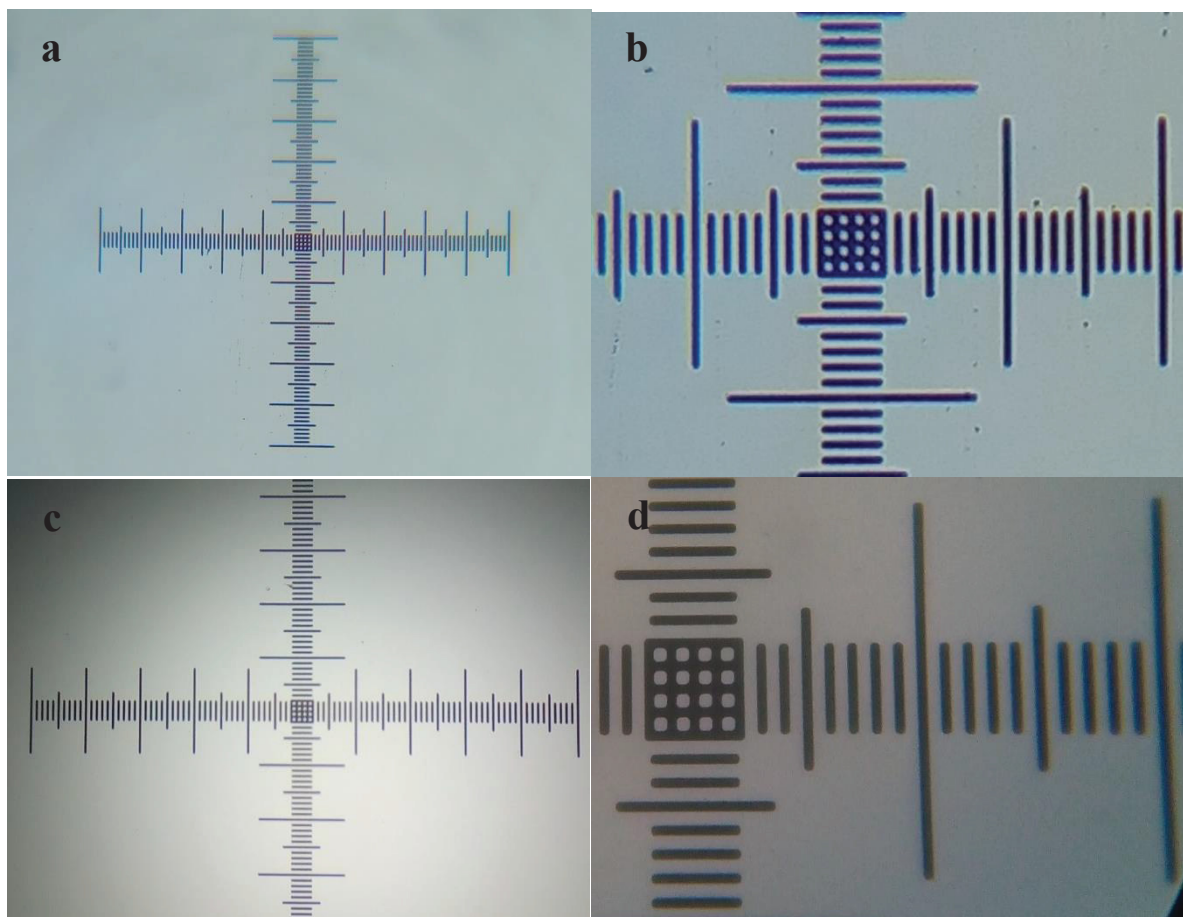
Observou-se que a captura de imagem visualizada no microscópio óptico (fotografia) utilizando o *smartphone* gerou imagem menor do que a visualizada diretamente pelo observador na lente ocular do mesmo. De acordo com as medidas da imagem da lâmina de calibração, no aumento de 100x (objetiva de 10x e ocular de 10x), a fotografia tirada com o *smartphone* levou a um aumento de 61x, ou seja, na fotografia, o objeto apareceu com apenas 61% do tamanho visualizado diretamente ao microscópio ótico; já no aumento de 400x (objetiva de 40x e ocular de 10x), a fotografia tirada com o *smartphone* levou a um aumento de 265x, ou seja, na fotografia, o objeto apareceu com apenas 66% do tamanho visualizado diretamente ao microscópio ótico (Tabela 2).

Tabela 2 - Quantificação da magnificação de objetos pelo microscópio modificado de Yoshino e microscópio óptico utilizando lâmina de calibração.

	Equivalência em mm de 0,1mm da lâmina de calibração	Aumento observado na tela do <i>smartphone</i>	Aumento observado na tela do computador (72 dpi)
Microscópio óptico (objetiva de 10x, ocular de 10x)	2,6	26x	61x
Microscópio óptico (objetiva de 40x, ocular de 10x)	11,0	110x	265x
Microscópio modificado de Yoshino (sem zoom digital da câmera do <i>smartphone</i>)	2,3	23x	41x
Microscópio modificado de Yoshino (com zoom digital de 4x da câmera do <i>smartphone</i>)	8,7	87x	175x

Fonte: A autora (2020)

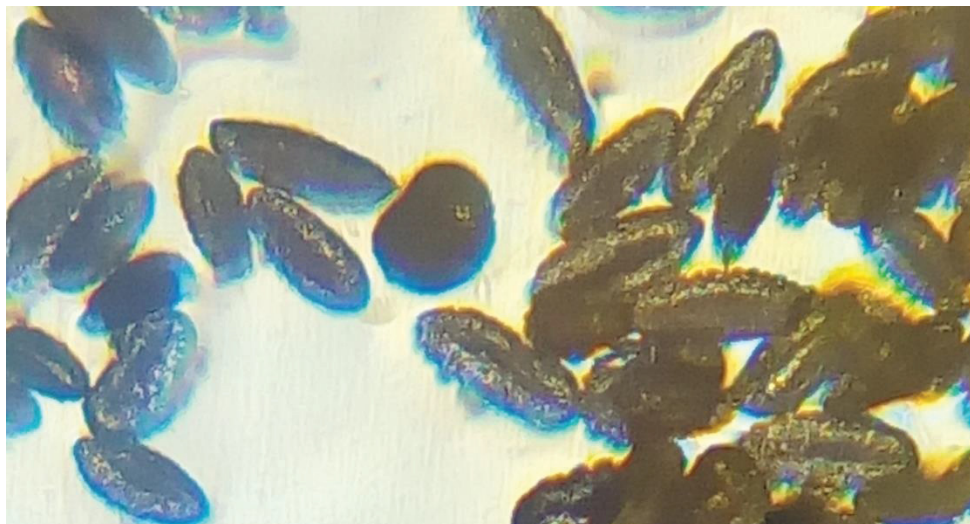
Figura 24 - Determinação do grau de magnificação do microscópio modificado de Yoshino e comparação como microscópio óptico utilizando lâmina de calibração de microscópio. a) microscópio modificado de Yoshino, captura da câmera traseira de *smartphone* sem zoom digital, magnificação calculada de cerca de 40x nesta imagem; b) microscópio modificado de Yoshino, captura da câmera traseira de *smartphone* com zoom digital de 4x, magnificação calculada de cerca de 170x nesta imagem c) microscópio óptico com objetiva de 10x e ocular de 10x, magnificação de 100x, aumento calculado de cerca de 60x nesta imagem; d) microscópio óptico com objetiva de 40x e ocular de 10x, magnificação de 400x, aumento calculado de cerca de 260x nesta imagem.



Fonte: A autora (2020)

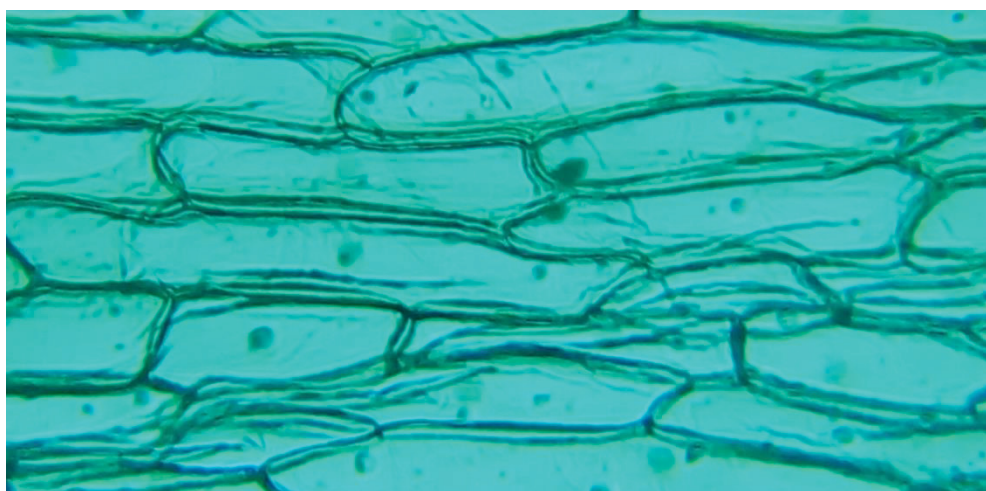
O microscópio modificado de Yoshino também foi avaliado para a visualização de objetos maiores que microrganismos, mas mesmo assim ainda microscópicos, como grãos de pólen de lírio (Figura 25) e células vegetais de epiderme de cebola (Figura 26), que apresentam respectivamente 100 micrômetros (SCIENCE & PLANTS FOR SCHOOLS, 2020) e 250-400 micrômetros (ARMSTRONG, 2012) de diâmetro.

Figura 25 - Visualização ao microscópio modificado de Yoshino acoplado a câmera traseira do *smartphone* e aumento digital de 4x, com de lâmina permanente de epiderme de pólen de *Lilium* sp. (lírio). Kit de lâminas GX.Diffuser, aumento: ~170x.



Fonte: A autora (2020)

Figura 26 - Visualização ao microscópio de Yoshino acoplado a câmera traseira do *smartphone* Quantum e aumento digital de 4x, com de lâmina permanente de epiderme de *Allium cepa* (cebola) corada com azul de metileno. Kit de lâminas que acompanha o microscópio Bluetek modelo BM-2XT, aumento: ~170x.



Fonte: A autora (2020)

O microscópio modificado de Yoshino também foi avaliado para a visualização de fungos filamentosos em lâminas preparadas sobre água com fitas adesivas que foram aderidas a mofos encontrados em frutas (morango e laranja mexerica, Figura 27), em comparação com o microscópio óptico.

Figura 27 - Frutas mofadas (morango e laranja mexerica) utilizadas para o preparo de lâminas de fungos filamentosos pela técnica da fita adesiva.



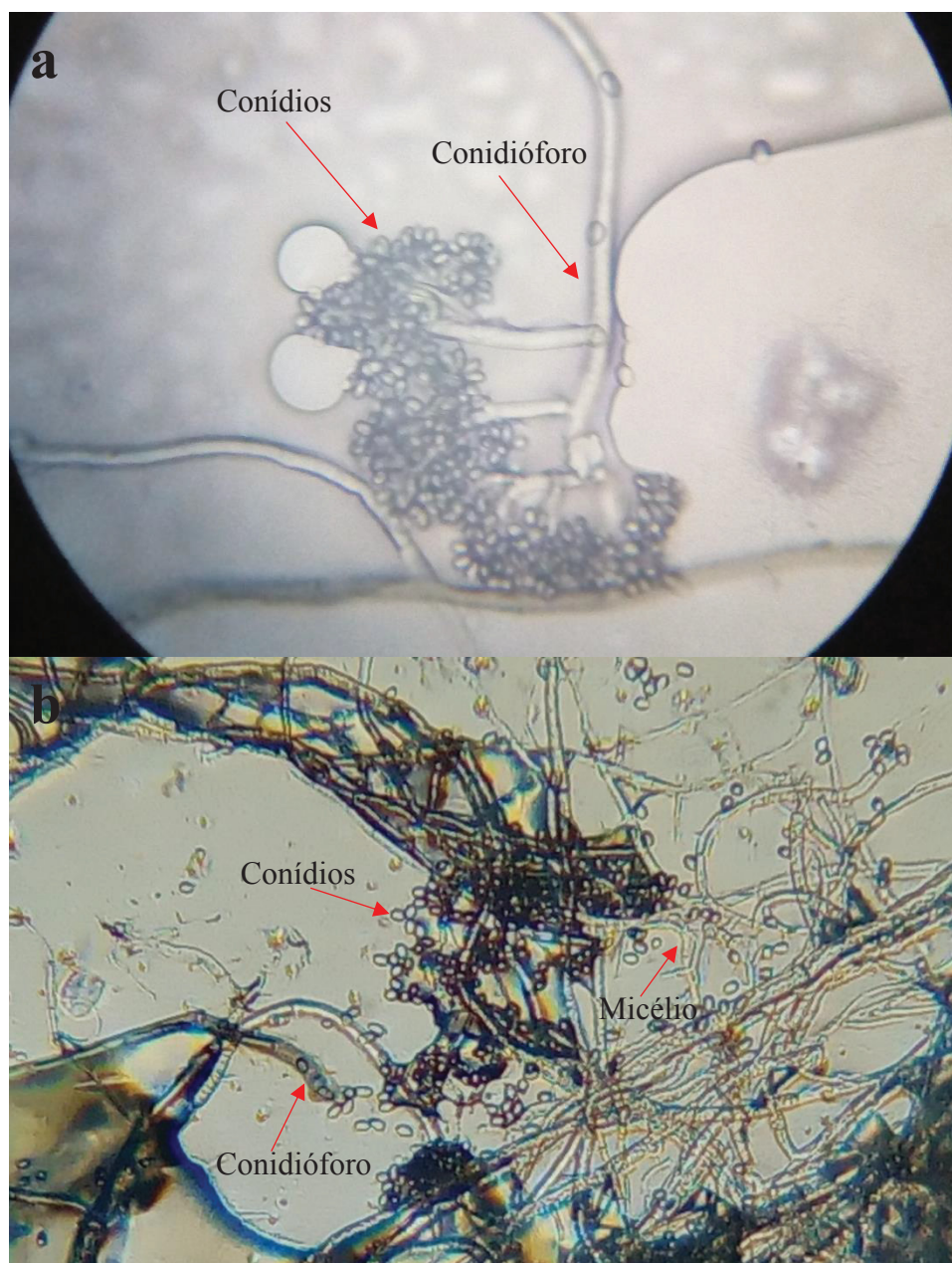
Fonte: A autora (2020)

O mofo crescido sobre o morango tinha coloração branca-acinzentada e crescimento algodoadoso, aspecto comumente observado em crescimento de *Botrytis cinerea*, cuja micromorfologia observada em microscópio óptico com objetiva de 40x e ocular de 10x é compatível com essa espécie. Embora a observação de um campo de visualização adequado seja mais difícil de ser encontrado no microscópio modificado de Yoshino (devido à ausência de um charriot para a movimentação da lâmina), dedicando-se mais tempo à procura, imagens como a da Figura 28 com a observação do micélio com hifas ramificadas, conidióforos ramificados no ápice e conídios terminais ovalados compatíveis com os descritos por Silva (2014) puderam ser obtidas.

Na parte superior da laranja mexerica, o mofo tinha coloração verde, com crescimento pulverulento, aspecto comumente encontrado em *Penicillium* sp. cuja observação no microscópio de modificado de Yoshino (2017) em lâminas com água (Figura 29b) ou com o corante azul de algodão (empregado para coloração de fungos hialinos ou sem cor) (Figura 30b) permitiram apenas a observação dos conídios (alguns na forma catenulada, em cadeia) e não permitiram a visualização de conidióforos ramificados perto da base (GOULART, 2005).

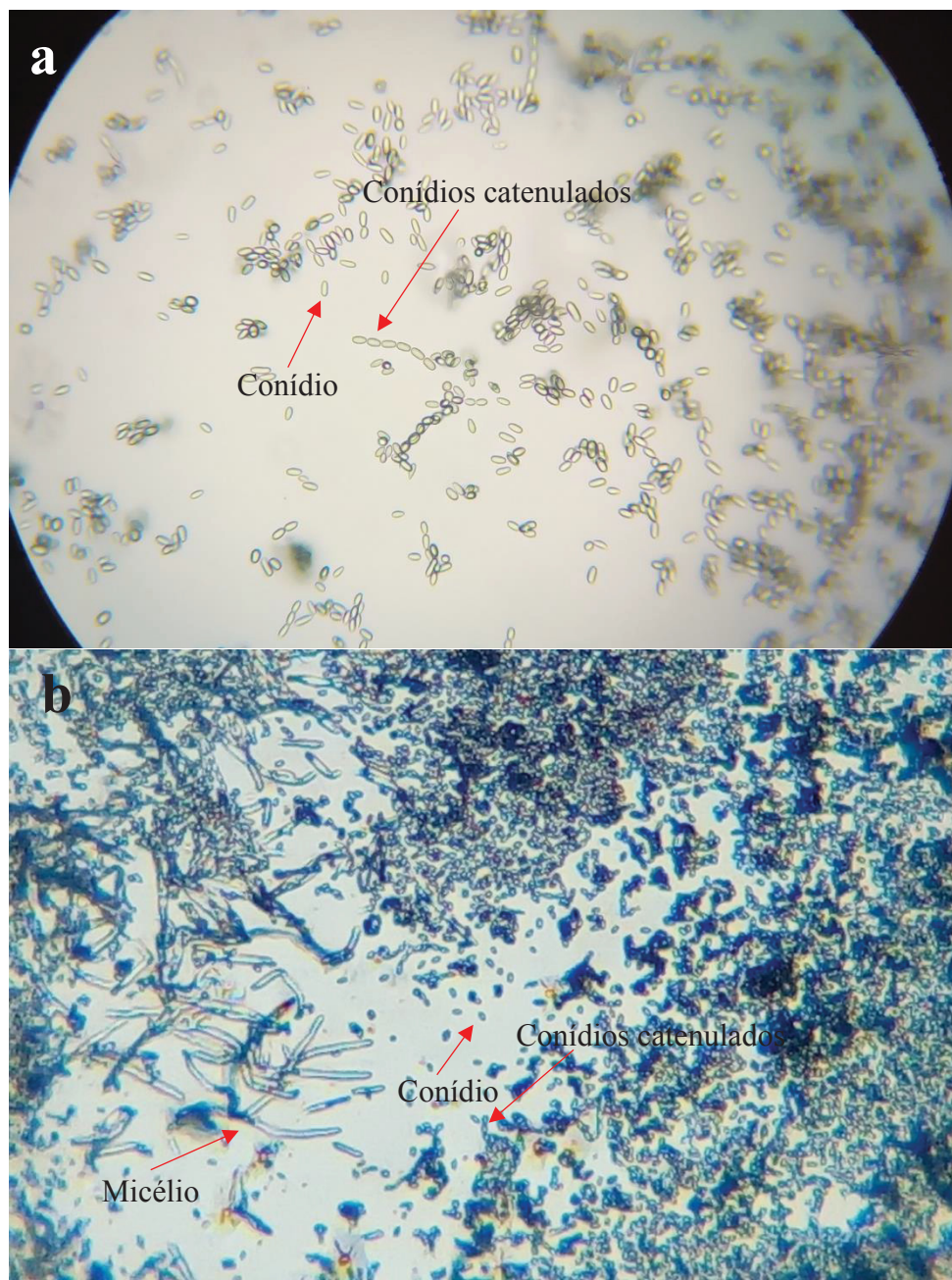
Os conídios de *Penicillium digitatum* são de cilíndricos a ovalados e catenulados devido ao crescimento em cadeia (UNILAB, 2017). Já a observação ao microscópio óptico utilizando o corante azul de algodão, utilizando objetiva de 40x e ocular de 10x (Figura 30a), foi possível observar os conidióforos compatíveis com o gênero *Penicillium* sp.

Figura 28 - Fungo observado em mofo de morango com micromorfologia compatível com *Botrytis cinerea*. **a)** lâmina obtida pela técnica da fita adesiva, em água, observação em microscópio óptico com objetiva de 40x e ocular de 10x, magnificação de 400x, aumento calculado de cerca de 260x nesta imagem **b)** lâmina obtida pela técnica da fita adesiva, em água, observação em microscópio modificado de Yoshino, captura da câmera traseira de *smartphone* com zoom digital de 4x, magnificação calculada de cerca de 170x nesta imagem.



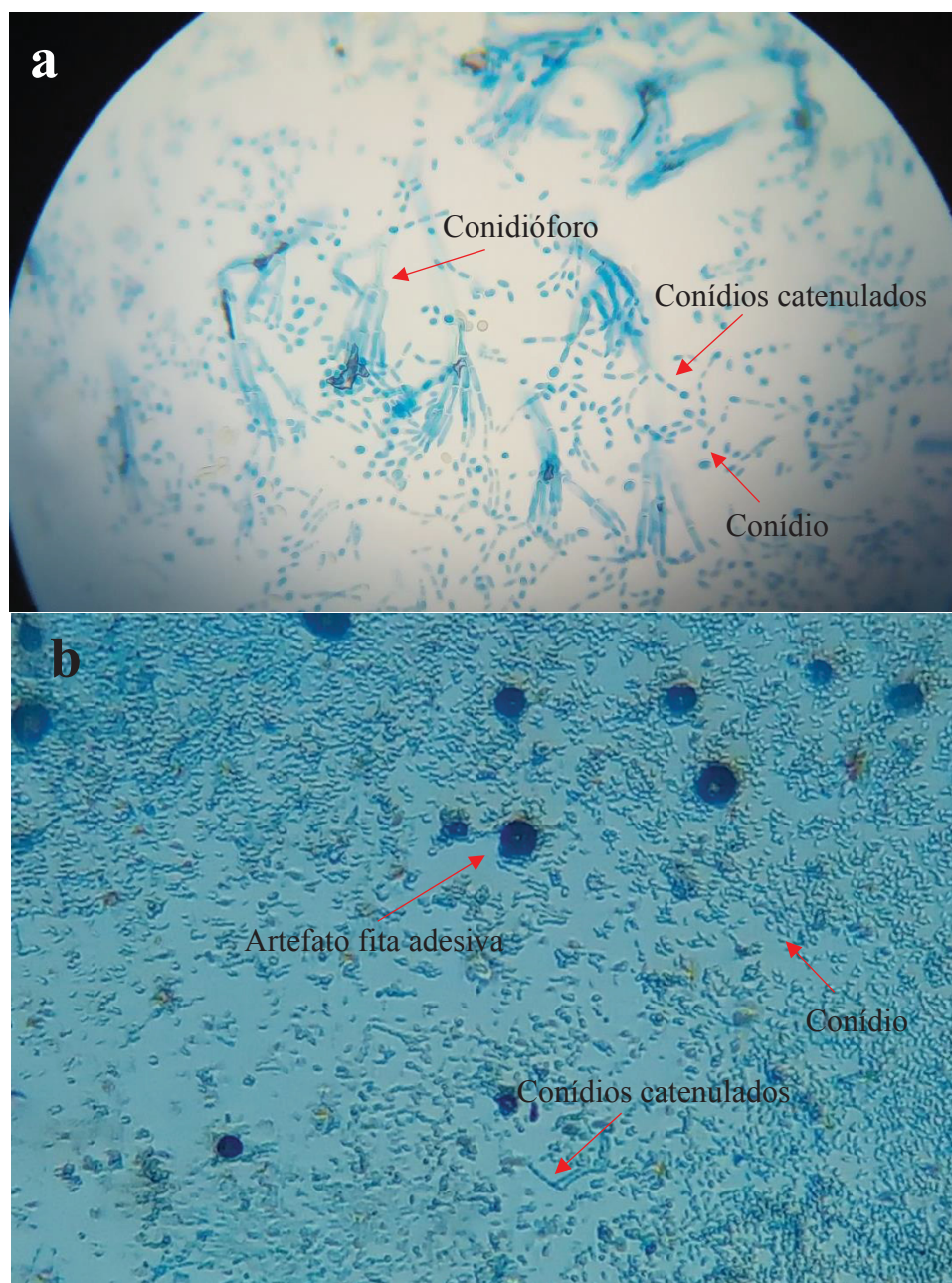
Fonte: A autora (2020)

Figura 29 - Fungo observado em mofo de laranja mexerica com micromorfologia não suficiente para identificação. **a)** lâmina obtida pela técnica da fita adesiva, em água, observação em microscópio óptico com objetiva de 40x e ocular de 10x, magnificação de 400x, aumento calculado de cerca de 260x nesta imagem **b)** lâmina obtida pela técnica da fita adesiva, em água, observação em microscópio modificado de Yoshino, captura da câmera traseira de *smartphone* com zoom digital de 4x, magnificação calculada de cerca de 170x nesta imagem.



Fonte: A autora (2020)

Figura 30 - Fungo observado em mofo de laranja mexerica com micromorfologia compatível como *Penicillium* sp. **a)** lâmina obtida pela técnica da fita adesiva, em corante azul de algodão (lactofenol), observação em microscópio óptico com objetiva de 40x e ocular de 10 magnificação de 400x, aumento calculado de cerca de 260x nesta imagem **b)** lâmina obtida pela técnica da fita adesiva, em água, observação em microscópio modificado de Yoshino, captura da câmera traseira de *smartphone* com zoom digital de 4x, magnificação calculada de cerca de 170x nesta imagem.



Fonte: A autora (2020)

Com a escolha do material de baixo custo para o desenvolvimento da aula prática experimental, incluso a escolha de leveduras à fresco pela facilidade de observação, foi possível a elaboração de uma sequência didática que envolveria a realização de microscopia nas disciplinas de Ciências e Biologia.

Compreende-se que o tema estudo de microrganismos envolve conteúdos e conceitos diversos dentro de contexto também variados, a sequência didática torna-se então uma metodologia ao mesmo tempo ativa e facilitadora para a introdução de temas como a grande diversidade de microrganismos, os benefícios e malefícios trazidos por esses seres e em que contexto social esses microrganismos são pesquisados.

Após a realização das diferentes práticas com leveduras que serão descritas a seguir, a sequência seguiria com uma aula invertida que é uma metodologia ativa de pesquisa que coloca o estudante no papel de protagonista, exercendo sua autonomia.

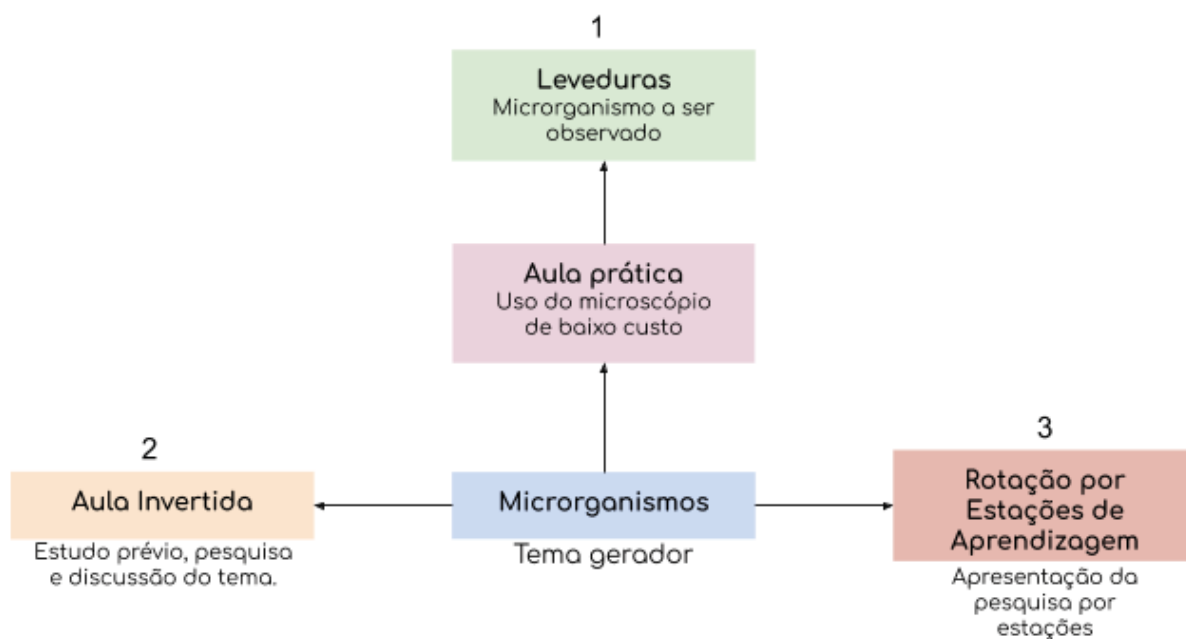
Nesta etapa, o estudante realiza um estudo prévio, com materiais ofertados pelo professor, como livros, artigos ou vídeos contendo o tema a ser estudado, ou mesmo realizando uma pesquisa mediada pelo professor sobre o papel dos microrganismos e conceitos básicos sobre a estrutura e origem desses seres.

Posteriormente ocorre uma discussão em grupo, onde o professor passa da aula expositiva tradicional para uma aula de discussão sobre o conteúdo estudado previamente, onde o estudante pode procurar sanar suas dúvidas e fazer questionamentos, nesse momento, o professor também pode lançar questionamentos aos estudantes com o intuito de fomentar a discussão (SCHNEIDER, 2013).

E como finalização da sequência didática, sugere-se a utilização da Rotação por Estações de Aprendizagem como facilitador na disseminação do conhecimento adquirido pelo estudante na sua jornada investigativa, democratizando assim, o conhecimento adquirido por todos de forma mais dinâmica e intuitiva (Figura 31).

Na Rotação por Estações de Aprendizagem, o professor pode sugerir que cada equipe de estudantes desenvolva um tema diferente dentre os discutidos em aula, possibilitando que o grupo desenvolva maior interação entre si e ocorra a socialização do conhecimento adquirido durante o processo de pesquisa e discussão, com consequente diminuição da aula expositiva, e ao alternar entre as estações, o estudante tem a possibilidade de conhecer outros pontos de vista favorecendo-o no processo de construção do seu próprio conhecimento. Além de requerer pouco material diminuindo custos, a Rotação por Estações de Aprendizagem pode auxiliar o estudante a trabalhar em equipe e ser mais criativo na apresentação do material produzido (STEINERT, 2019 e DE ALCANTARA, 2020).

Figura 31 - Esquema mostrando a organização básica da sequência didática sugerida.



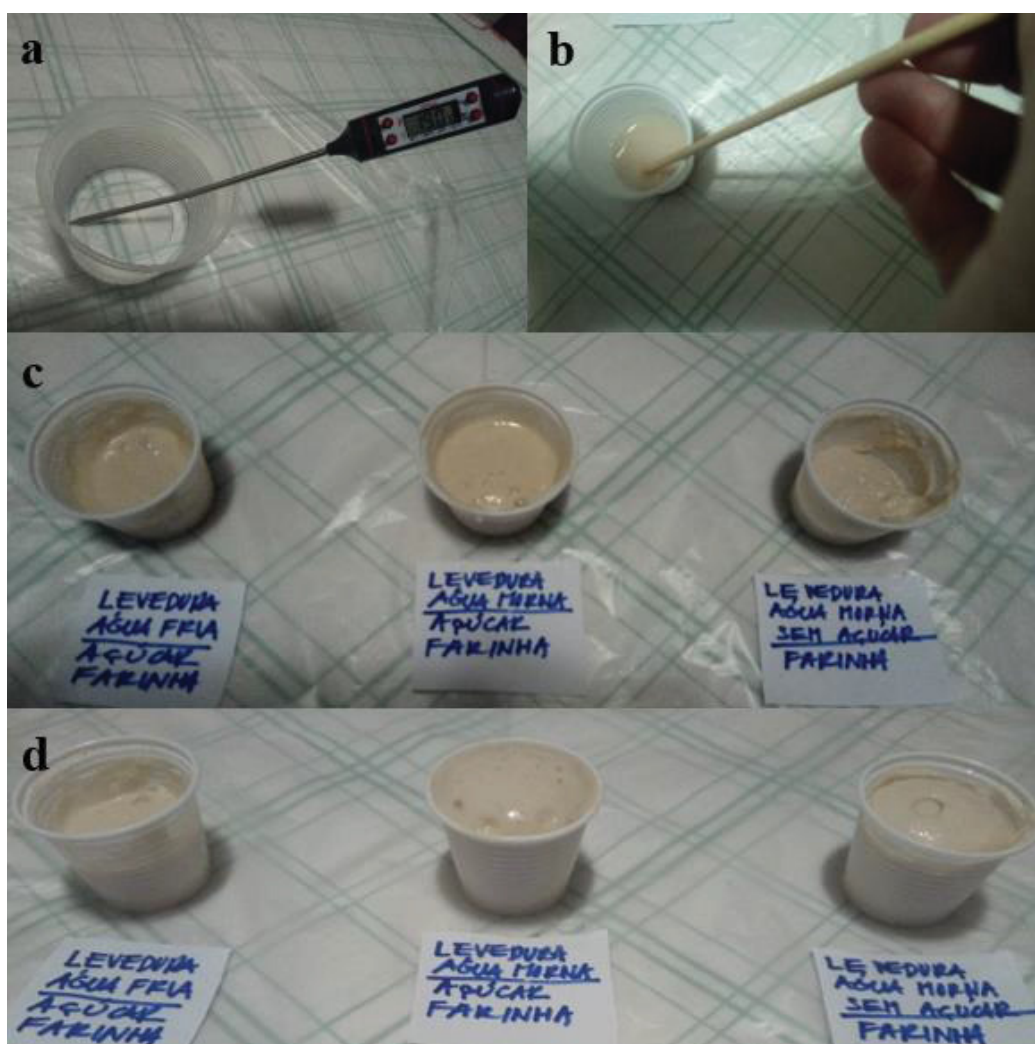
Fonte: A autora (2020)

Especificamente, com relação ao conteúdo prático da sequência didática foram realizados experimentos para que os estudantes possam investigar qualitativamente e quantitativamente, macroscópica e microscopicamente o efeito de diferentes variáveis sobre a atividade fermentadora das leveduras.

Na atividade prática 1 (observação de fermento biológico seco) e na atividade prática 2 (determinação qualitativa dos fatores que afetam o crescimento da massa de pão), as primeiras questões norteadoras da investigação a serem apresentadas aos estudantes seriam: “*O que faz a massa de pão crescer?*” e “*Como o fermento biológico de pão faz a massa de pão crescer?*”

O experimento qualitativo proposto avaliou 3 grupos, para verificar quais condições (água fria a $\sim 19^{\circ}\text{C}$ e água morna a $\sim 40^{\circ}\text{C}$; presença ou ausência de açúcar) levariam a um crescimento maior da massa (Figura 32), chegando à conclusão de que a melhor condição é a de água morna e contendo açúcar, a primeira a alcançar a borda do copo após seu crescimento em um tempo de 8 minutos. Aqui podem surgir questionamentos do papel dessas variáveis (temperatura e açúcar) no crescimento da massa por meio da ação da levedura.

Figura 32 - Determinação qualitativa das melhores condições para o crescimento de uma massa à base de farinha por meio do uso de fermento biológico. **a)** termômetro culinário de espeto utilizado para avaliar a temperatura da água mineral utilizada (~19°C à temperatura ambiente e ~40°C à temperatura morna; **b)** palito de churrasco utilizado como bastão para misturar vigorosamente 1 colher de chá de fermento biológico seco em água contendo ou não açúcar, morna ou fria; **c)** grupos 1 (contendo água fria e açúcar), grupo 2 (contendo água morna e açúcar) e grupo 3 (contendo água morna e sem açúcar) logo após adição de farinha, no tempo 0 do experimento; **d)** avaliação após 8 minutos de observação indicando que a massa com maior crescimento (a primeira a atingir a borda do copo de café) seria a do grupo 2 (contendo água morna e açúcar)

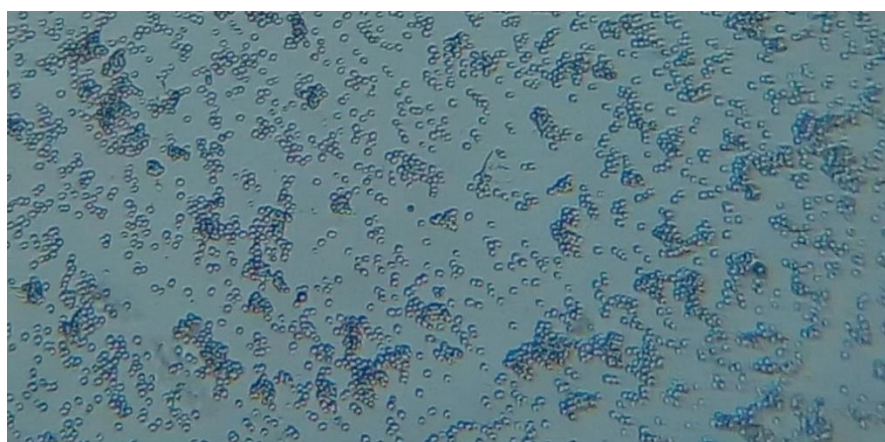


Fonte: A autora (2020)

Na 3ª atividade prática, os estudantes teriam uma 3ª questão norteadora a ser investigada “Do que é feito o fermento biológico de pão?” que resultaria no convite à observação de uma suspensão aquosa do fermento biológico seco contendo células microscópicas de *Saccharomyces cerevisiae* (levedura), utilizando o microscópio modificado de Yoshino (2017)

(Figura 33), tendo sido importante produzir uma gota levemente turva antes da colocação da lamínula, pois suspensões muito concentradas e carregadas podem dificultar a observação da levedura. Seria importante que nessa etapa, os estudantes já tivessem tido aulas anteriores para a observação de diferentes objetos ampliados pelo microscópio e tivessem familiaridade com o funcionamento dele.

Figura 33 - Observação de suspensão aquosa de leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) de fermento biológico seco em microscópio modificado de Yoshino (2017). A captura da imagem foi feita com câmera traseira de *smartphone* com zoom digital de 4x; a magnificação calculada é de cerca de 170x nesta imagem



Fonte: A autora (2020)

Na atividade prática 4, trabalhou-se com uma variação do experimento proposto por MALAJOVICH (2006), para responderem sobre o papel do açúcar na atividade das leveduras sobre o crescimento do pão. Aqui, ao invés de estudar diferentes variáveis simultaneamente como propôs MALAJOVICH (2006), esse crescimento da massa pela ação da levedura foi investigado trabalhando diferentes concentrações de uma única variável que seria a concentração de açúcar (Figuras 34 e 35).

É possível observar que a concentração em que ocorreu maior crescimento da massa após 15 minutos de observação é a que continha 3 colheres de chá de açúcar, tanto nos 15 minutos iniciais quanto nos 15 minutos seguintes após a retirada parcial do gás formado nos 15 minutos anteriores. É possível observar que nos 15 primeiros minutos, há crescimento significativo (7,5cm) no grupo 1, que não continha açúcar, o que não se repete na 2ª fase, 15 minutos posteriores à retirada parcial do gás produzido antes (1,8cm), possivelmente relacionado à açúcar residual da cultura de levedura utilizada para a produção do fermento biológico seco, mas com boa parte dele rapidamente consumido nos primeiros 15 minutos de

fermentação. Também é possível observar que em concentrações muito altas de açúcar (grupo 4 contendo 6 colheres de chá de açúcar) o crescimento da massa foi menor que nos grupos 2 (1,5 colheres de chá de açúcar) e 3 (3 colheres de chá de açúcar), possivelmente influenciado por um ambiente hipertônico para a levedura (Na Figura 36).

Figura 34 - Materiais para a investigação da relação entre quantidade de açúcar e velocidade de crescimento da massa à base de farinha pelo fermento biológico. **a)** recorte da garrafa de água de 500mL para produzir recipiente cilíndrico; **b)** colheres medidoras de sopa (15mL), chá (5mL) e café (2,5mL); **c)** água morna (~40°C); **d)** copo com água e açúcar em diferentes concentrações; **e)** etapa em que a solução de açúcar é vertida sobre a suspensão de leveduras; **f)** 4 grupos cada qual com seu saco de farinha reservado sobre o qual será vertida a suspensão de açúcar (em diferentes quantidades), água e levedura.



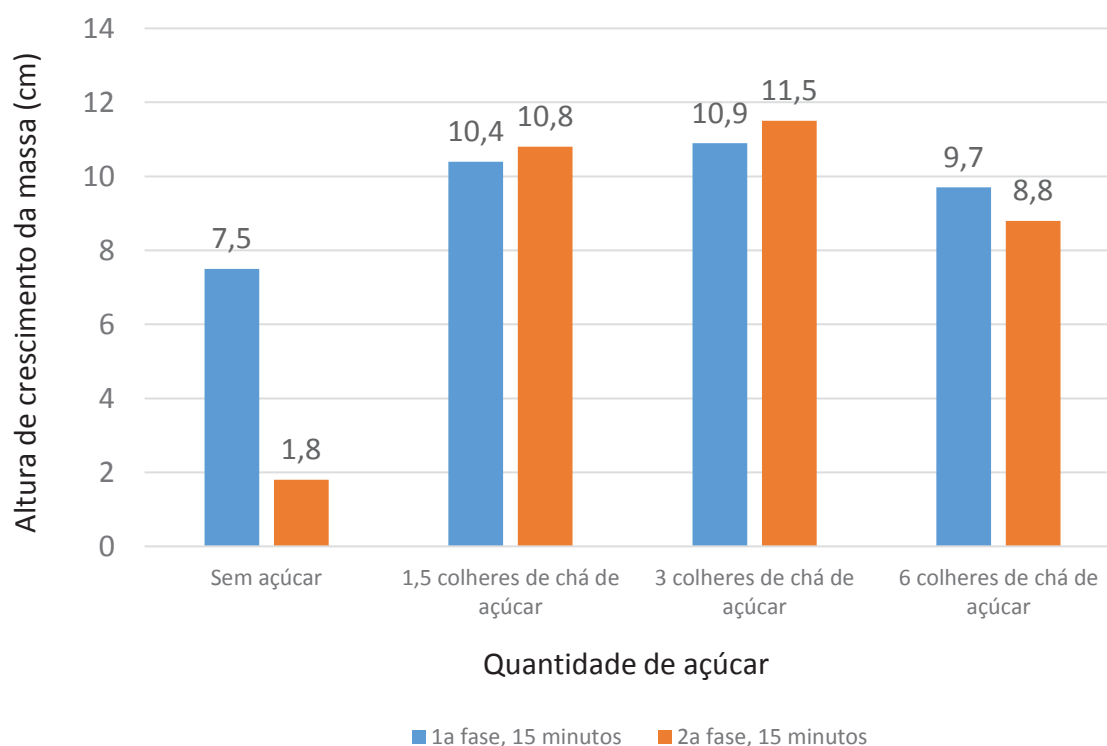
Fonte: A autora (2020).

Figura 35 – Experimento de avaliação da altura de crescimento da massa contendo fermento biológico em função de diferentes concentrações de açúcar. Todos os grupos contêm 6 colheres de sopa de água morna (~40oC), 3 colheres de chá de fermento biológico seco e 6 colheres de sopa de farinha e foram observados por 15 minutos. **a)** grupo 1 sem adição de açúcar; **b)** grupo 2 com adição de 1,5 colheres de chá de açúcar; **c)** grupo 3 com adição de 3 colheres de chá de açúcar; **d)** grupo 4 com adição de 6 colheres de chá de açúcar.



Fonte: A autora (2020)

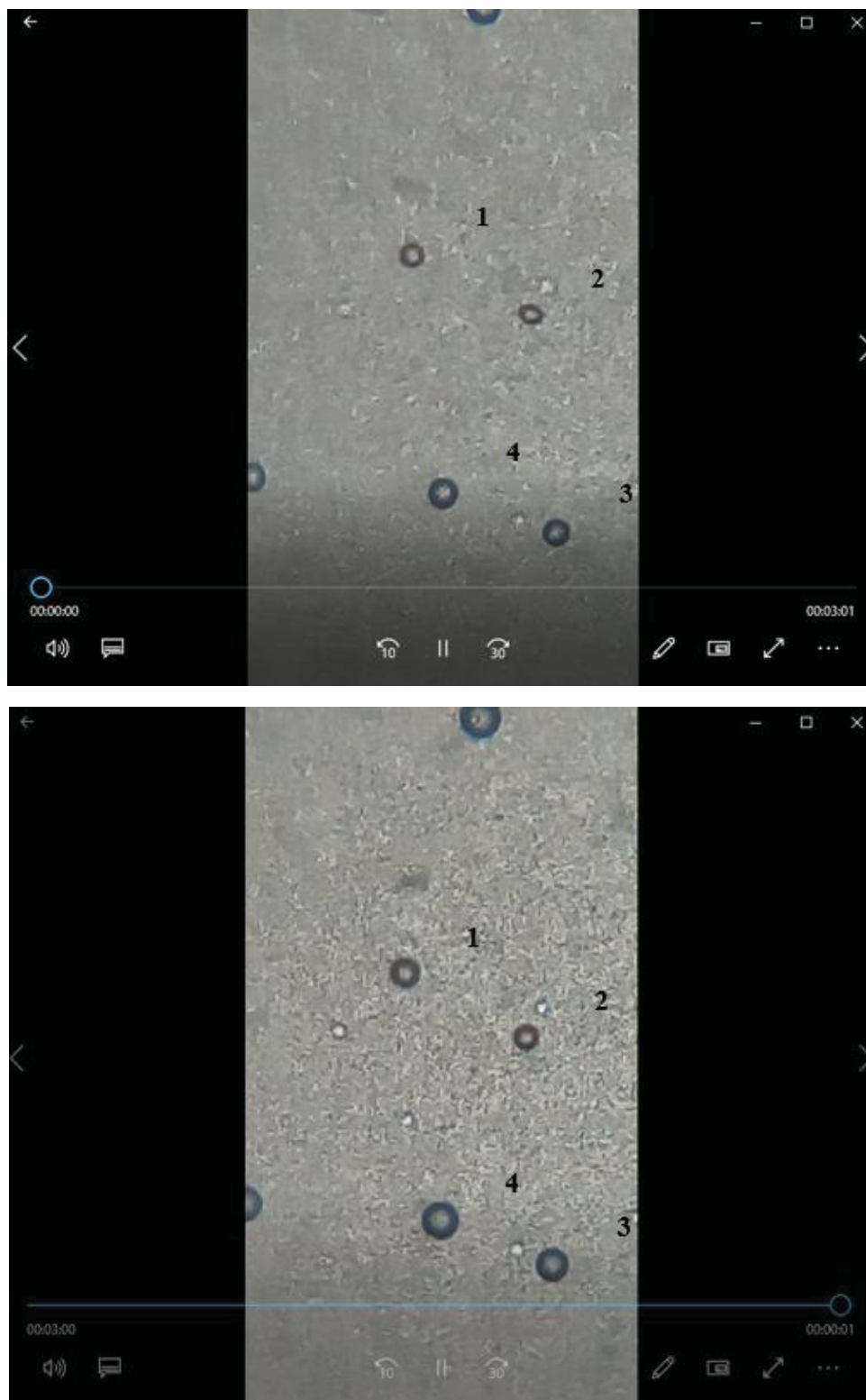
Figura 36 – Gráfico de avaliação da altura de crescimento da massa contendo fermento biológico em função de diferentes concentrações de açúcar. *1ª fase: medida de altura de crescimento da massa tomada logo após 15 minutos de despejamento da massa dentro do recipiente cilíndrico; *2ª fase: medida de crescimento da massa tomada logo após 15 minutos de agitação vigorosa da massa crescida anteriormente por 30 segundos com palito de churrasco para a retirada parcial do gás formado nos 15 primeiros minutos.



Fonte: A autora (2020)

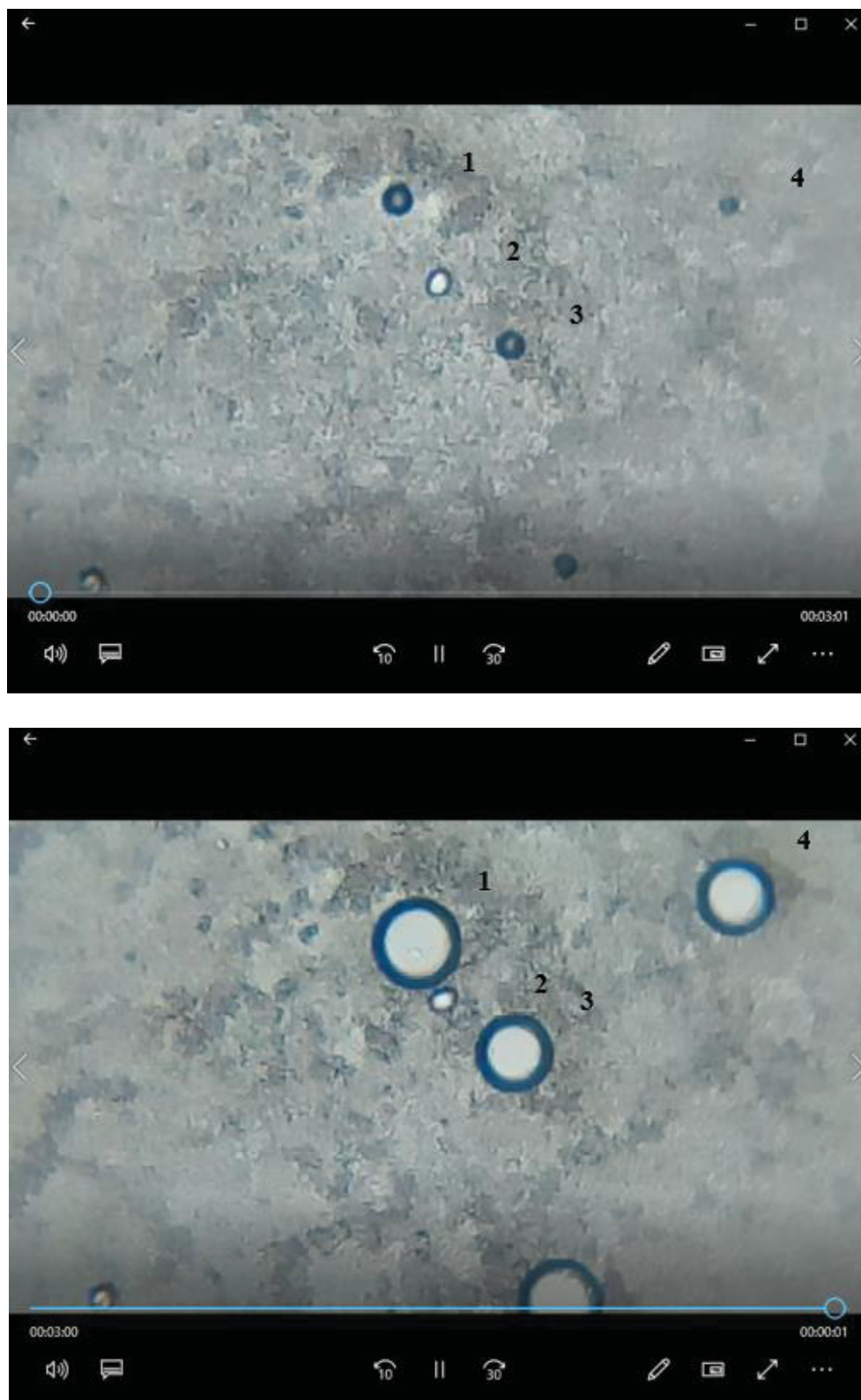
As avaliações dos crescimentos das bolhas de gás produzidas pelas leveduras em diferentes concentrações de açúcar por meio do microscópio modificado de Yoshino (2017) são apresentadas nas Figuras 37, 38, 39, 40 e 41, e também na Tabela 3. A quantificação do crescimento do diâmetro médio das bolhas de gás ao microscópio reproduziu os resultados de crescimento de altura de massa nas mesmas concentrações de açúcar.

Figura 37 - Avaliação do aumento do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras sem adição de açúcar em microscópio modificado de Yoshino (2017). Prints de telas nos tempos 0 e 3 minutos de gravação.



Fonte: A autora (2020)

Figura 38 - Avaliação do aumento do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras contendo 0,5 colher de chá de açúcar em microscópio modificado de Yoshino (2017). Prints de telas nos tempos 0 e 3 minutos de gravação.



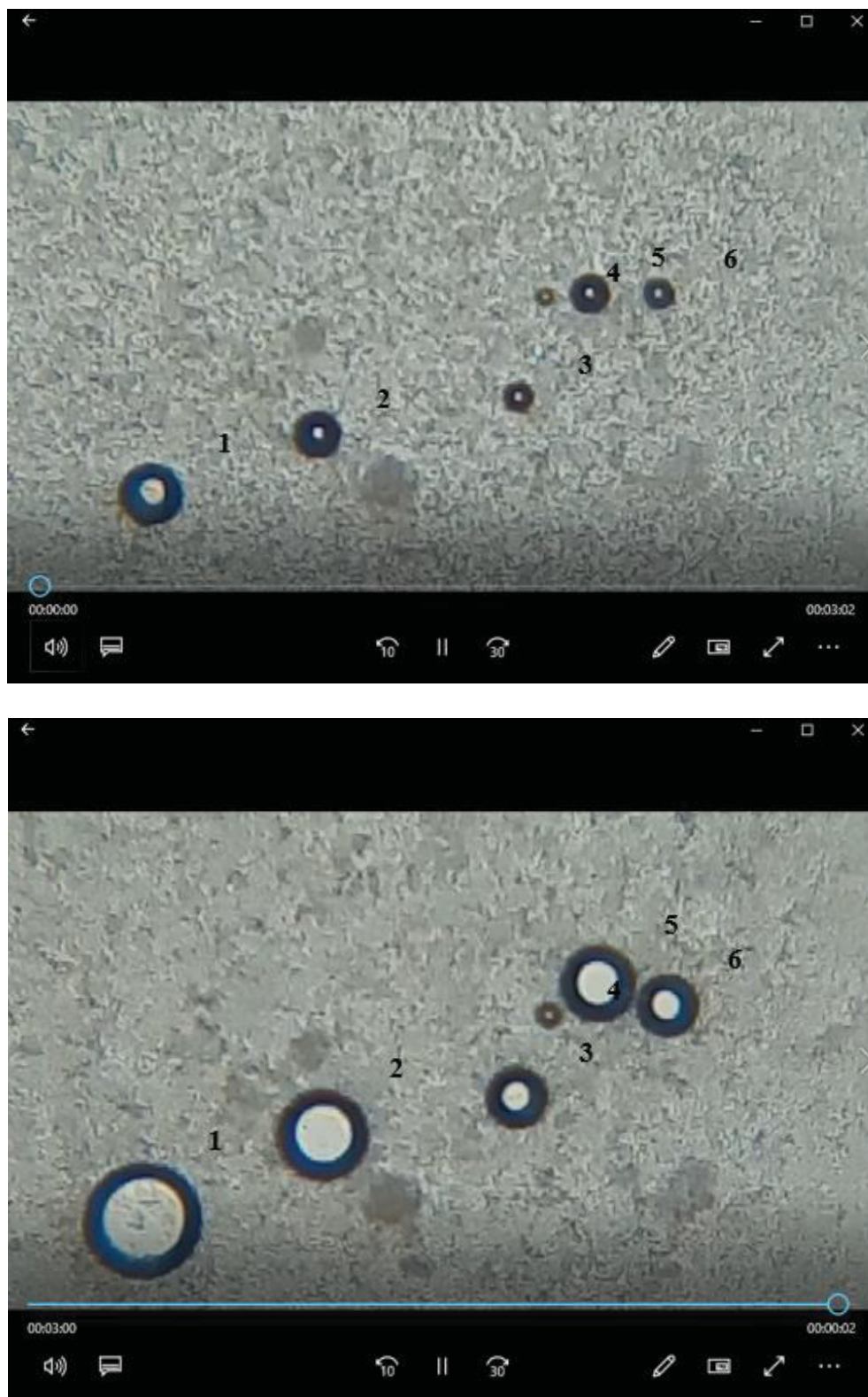
Fonte: A autora (2020)

Figura 39 - Avaliação do aumento do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras contendo 1 colher de chá de açúcar em microscópio modificado de Yoshino (2017). Prints de telas nos tempos 0 e 3 minutos de gravação.



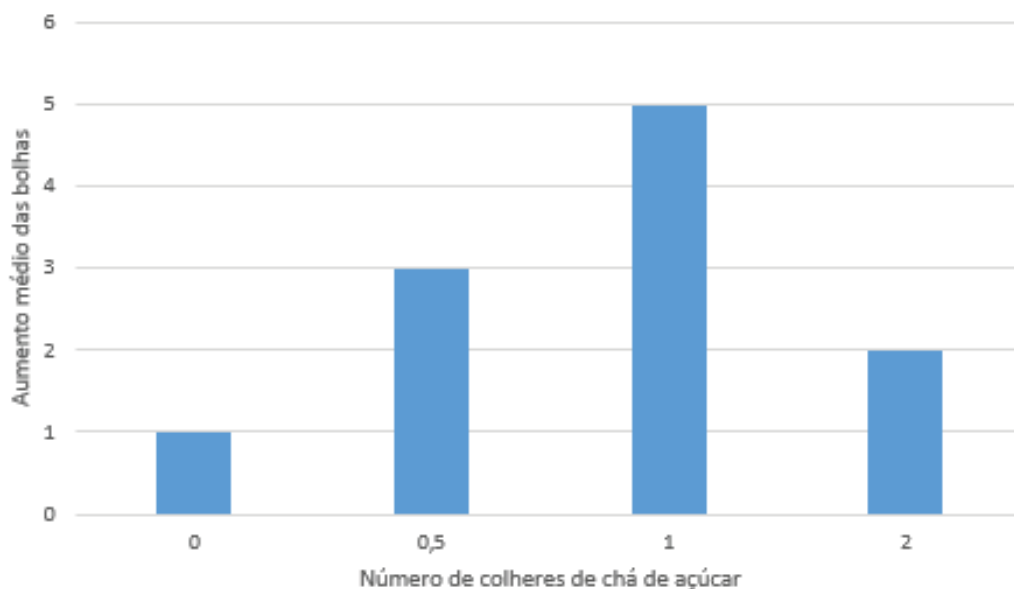
Fonte: A autora (2020)

Figura 40 - Avaliação do aumento do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras contendo 2 colheres de chá de açúcar em microscópio modificado de Yoshino (2017). Prints de telas nos tempos 0 e 3 minutos de gravação.



Fonte: A autora (2020)

Figura 41- Aumento médio do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras contendo diferentes concentrações de açúcar. Prints de telas de 0 e 3 minutos de gravação das lâminas em microscópio modificado de Yoshino.



Fonte: A autora (2020)

Tabela 3 - Aumento médio do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras contendo diferentes concentrações de açúcar em prints de telas de 0 e 3 minutos de gravação das lâminas em microscópio modificado de Yoshino.

	0 açúcar			0,5 açúcar			1 açúcar			2 açúcar		
Bolha	3min (mm)	0min (mm)	Aumento (vezes)	3min (mm)	0min (mm)	Aumento (vezes)	3min (mm)	0min (mm)	Aumento (vezes)	3min (mm)	0min (mm)	Aumento (vezes)
1	5	4	1,3	16	4	4,0	13	2	6,5	21	11	1,9
2	4	4	1,0	5	4	1,3	8	1	8,0	17	8	2,1
3	5,5	5	1,1	14	4	3,5	17	6	2,8	11	6	1,8
4	6	5	1,2	14	3,5	4,0	5	1	5,0	5	3,5	1,4
5							16	5	3,2	13	6,5	2,0
6							13	1	13,0	11	5	2,2
7							13	2,5	5,2			
8							4	4	1,0			
9							5	4	1,3			
10							15	2	7,5			
Média	1,1x de aumento			3,2x de aumento			5,3x de aumento			1,9x de aumento		

Fonte: A autora (2020)

6 DISCUSSÃO

A primeira etapa que envolve o teste de lentes foi importante para definir quais lentes eram mais apropriadas para o uso em prática experimental nas disciplinas de Ciências e Biologia em escolas públicas de Ensino Fundamental e Médio, pois sem isso o professor da disciplina corre o risco de aplicar uma prática frustrante, caso as lentes não apresentem o resultado esperado de magnificação do objeto. Nesta etapa os resultados obtidos foram valiosos para uma avaliação do material escolhido e a partir disso foi possível a elaboração de uma prática experimental mais consistente e confiável.

Considera-se que um dos elementos mais relevantes para uma prática experimental que envolva observação de microrganismos é o poder de resolução das lentes utilizadas.

Compreende-se que sem a eficiência desse elemento, os estudantes poderiam ficar frustrados, imaginando que o mundo dos microrganismos não passa de uma poeira desinteressante ou mesmo de um borrão sem distinção. Para tanto, a utilização de aparelhos microscópicos com lentes de alta resolução, mas igualmente onerosos, passaram a ser utilizados tanto em universidades quanto em escolas de Ensino Fundamental e Médio. Todavia, a obtenção desses aparelhos tornou-se, pelo seu alto custo, outra problemática a ser solucionada, pois a carência desses aparelhos nas instituições escolares públicas, ocasionada pela falta de recursos, torna-se uma barreira que acaba distanciando o conhecimento científico que poderia ser adquirido pelo estudante em aulas experimentais práticas.

A reflexão sobre essa problemática nos leva a busca de novas ferramentas mais práticas e de baixo custo que possam ser utilizadas pelos professores de Ciências e Biologia em aulas sobre microrganismos e outras estruturas microscópicas, principalmente em instituições escolares públicas.

A escolha do material mais adequado para uma aula experimental é relevante quando consideramos os materiais de baixo custo e sua aplicabilidade. A lente plano convexa usada em leitores de DVD acoplada ao aparador de acrílico, sugerido por Yoshino (2017) poderia atingir uma magnificação de 100x segundo ele.

Todavia, após o teste com a lâmina de calibração do microscópio constatou-se que a magnificação observada na tela do smartphone, com um zoom de 4x era próxima de 87x, um resultado próximo ao comentado por Yoshino (2017) em seu projeto de baixo custo, portanto considerou-se a escolha dessa lente como a mais apropriada para uso em aula prática experimental com estudantes de Biologia nas escolas de Ensino Fundamental e Médio.

As buscas por novas ferramentas de ensino na área da Microbiologia levaram vários pesquisadores a constatar que materiais de baixo custo podem ser usados com esse fim.

Sepel, Rocha e Loreto (2011) relataram que o mesmo um breve encontro dos estudantes com o mundo microscópico pode aguçar a curiosidade para as questões científicas e sugerem a reutilização de lentes plano convexas retiradas de aparelhos eletrônicos em desuso, como DVDs, canetas *laser pointer*, e mesmo lentes de *webcams* e *mouses* ópticos. Essas lentes, segundo Sepel, Rocha e Loreto (2011), possuem curvaturas variadas que interferem na distância focal e no grau de magnificação de objetos podendo ser usado na observação de estruturas microscópicas de diferentes magnitudes.

Em estudo semelhante, Freitas, Nagem e Bomtempo (2015) propuseram a construção do aparador de acrílico desenhado por Yoshino (2017) associado ao *smartphone* a 11 licenciandos em Ciências Biológicas, sendo que 6 já atuavam como professores de Ciências ou Biologia. O objetivo era levantar as impressões dos estudantes universitários com mais experiência no manuseio de equipamentos da área microbiológica sobre o que ele denominou de “smartscópio”, os estudantes consideraram a ferramenta adequada e promissora para o uso com estudantes de escolas públicas.

Na mesma linha, Da Silva, Baltar e Bezerra (2019) sugeriram a construção de microscópio semelhante ao de Yoshino (2017) com a utilização de lente retirada de leitor de DVD, todavia, as placas de acrílico foram substituídas por placas de acrílico reutilizadas de capa de CD e para o foco foi utilizado um condensador e o ajuste de foco retirado de um binóculo militar esportivo com alcance de mil metros, dessa maneira foi possível observar em um *smartphone* protozoários, nematoides, ácaros sendo útil para a observação de estruturas microscópicas em aulas práticas. Todavia, não faz menção à magnificação do protótipo.

Prates (2015) já sugere a construção de modelo semelhante a um microscópio, mas de baixo custo. Utilizando a lente de leitor de DVD como base, o pesquisador construiu com um frasco cilíndrico plástico, tampas de creme dental, pequeno espelho e base de madeira além de porcas e parafusos e outros materiais recicláveis um protótipo semelhante a um pequeno microscópio estudantil. Sem o uso de *smartphone*, o microscópio alternativo funciona com base na reflexão da imagem em espelho plano e refração na lente plano-convexa do leitor de DVD quando projetada uma luz de lanterna formando assim uma imagem com aumento de cerca de 71,2x.

O autor relata a problemática de aferição da magnificação de uma lente sem especificações, mesmo com incessante pesquisa sobre a fabricação, tornando o processo de

aferição de magnificação viável somente pelo método comparativo com microscópio óptico que já possui aumento conhecido (PRATES, 2015).

Outros pesquisadores, como Boszko (2014), fazem relatos do uso da lente plano-convexa de *laser pointer* como projetor de organismos em gotas de água, mostrando que essa pequena ferramenta pode ser utilizada na investigação do mundo microscópico de maneiras diversas.

Boszko (2014) ainda sugere que, os próprios estudantes podem atuar como jovens cientistas investigativos quando propõem a eles a responsabilidade de criar o seu próprio microscópio, após um prévio relato histórico dos métodos utilizados por pesquisadores como Hooke e Leeuwenhoek, distribuindo então materiais alternativos, como caixa de papel, cola, tesoura, fita adesiva, seringa e uma garrafa pet e o *laser pointer*, incluindo também protozoários como material para observação. A aula investigativa, realizada em forma de oficina produziu uma diversidade de microscópios construídos segundo a imaginação e criatividade do estudante enriquecendo a aula prática experimental, somente uma das equipes da pesquisa alega não ter visualizado os protozoários disponibilizados (BOSZKO, 2014).

Em projeto semelhante, Oliveira et al. (2017) disponibilizaram aos seus estudantes de Física na universidade, uma seringa com água e um laser pointer, com esses materiais simples o pesquisador relata que a prática, que se resume à projeção do laser por uma gota na ponta da seringa projetada em parede branca, pode ser utilizada não somente para observar pequenos seres em gota d'água, como também estudar os fenômenos de refração e difração da luz, possibilitando a interdisciplinaridade da prática sugerida.

Em outro projeto aplicado a estudantes universitários da área biológica, Wallau et al. (2008) propuseram a construção de um microscópico de baixo custo semelhante aos citados acima, utilizando-se da caneta *laser pointer*, como sugestão de aula prática experimental que pode ser utilizado pelo professor nas escolas. A necessidade do contato com uma ferramenta alternativa de microscopia veio da constatação do pesquisador, após levantamento que, 48,3% dos calouros nunca tinham tido contato com um microscópio e o restante só tinha tido contato uma vez ou outra, sem a possibilidade de manuseio pela escassez do equipamento nas instituições de ensino.

Dessa maneira, entende-se que a formação em ferramentas didáticas alternativas para o uso em Microbiologia também é importante na formação do estudante da área da Biologia que porventura seguir a carreira da docência.

A aplicação de aula experimental associada à sequência didática aparece como uma alternativa viável e positiva para o professor de Ciências e/ou Biologia pois compreende-se

que o tema Microbiologia envolve conteúdos amplos e de contextos variados, sendo necessário também a diversidade no trato dos temas, com o intuito de facilitar a aprendizagem. Com a observação de leveduras a fresco como motivador, o professor pode dar início aos conteúdos teóricos, incentivando os estudantes na busca de respostas para os questionamentos que surgirem em aula prática.

A aula invertida na forma de pesquisa na sequência didática tem seu papel fundamental quando se referem aos modelos investigativos de aprendizagem, ou seja, tendo o estudante como protagonista no aperfeiçoamento do seu próprio conhecimento e capacitando-o para encarar os temas com visão integrada ao seu cotidiano. Além disso, Marcelino e Silva (2018) reforçam que o aprendizado através de sequências didáticas permite que o estudante amplie progressivamente seus conhecimentos, favorecido pela oferta de diferentes tipos de atividades dentro da mesma sequência o que possibilita ao estudante uma visão crítica e mais complexa da realidade.

O professor de Biologia pode utilizar uma sequência didática como uma metodologia de apoio à aplicação de conteúdos complexos (NASCIMENTO et al., 2009), como os que tratam dos microrganismos. Pois compreende-se que o tema envolve não somente a necessidade de prática experimental, visto que, o mundo microscópico deve estar mais acessível ao estudante e assim facilitar a sua compreensão acerca desses seres invisíveis a olho nu, como também os conceitos que envolvem o tema e os contextos sociais, éticos e tecnológicos no qual estão envolvidos.

Assim, a sequência didática apresentada aparece como uma metodologia inovadora, possibilitando ao professor a inserção de vários temas referentes aos microrganismos que podem atuar como o tema gerador da aula.

A sequência didática pode iniciar com a observação de leveduras, prática experimental construída de acordo com a realidade de algumas escolas públicas e seus estudantes, pois os microrganismos são de fácil obtenção e manuseio e o microscópio de baixo custo proposto é de fácil construção.

Essa prática pode aguçar a curiosidade do aluno e ao mesmo tempo levantar diversos questionamentos que poderão atuar como questões problematizadoras. Além disso, o professor pode, a partir dessa aula, auxiliar os estudantes na compreensão do papel de microrganismos como leveduras em seu cotidiano, podendo inclusive expandir para uma outra prática experimental como a fabricação de pães.

Na sequência, a aula invertida pode ser utilizada para incentivar os estudantes, em equipes, na pesquisa e na compreensão dos questionamentos realizados em prática

experimental. Com a elaboração de cartazes e cartões explicativos, as equipes poderão atuar como mediadores de informações em aula posterior em forma de Rotações por Estações de Aprendizagem, onde os estudantes poderão interagir entre si, ensinando e aprendendo ao mesmo tempo, possibilitando a atuação como protagonista do seu próprio processo de aprendizagem.

7 CONCLUSÃO

Os resultados da pesquisa permitiram a seleção do material mais adequado para a realização de uma aula prática experimental, cujo objetivo é a observação de microrganismos. A lente plano-convexa utilizada em leitores de DVD mostrou-se efetiva na observação de leveduras a fresco, demonstrando que o grau de magnificação em torno de 87x (com o zoom digital de 4x) e de cerca de 175x nas imagens fotografadas com resolução de 72 dpi, mais a nitidez apresentada pela lente, são suficientes para a observação de alguns fungos filamentosos, leveduras e de bolhas de gases produzidos pela fermentação de açúcares por leveduras.

A avaliação do aparador de acrílico, que tem como objetivo dar estabilidade ao foco do *smartphone*, permitiu assim maior nitidez na imagem vista pela câmera e também se mostrou de acordo com o proposto, sendo mais adequada a sua utilização em conjunto com a lente sugerida. Por fim, considera-se a utilização do microscópio de baixo custo associado ao *smartphone* adequado em práticas experimentais com microrganismos em escolas de Ensino Fundamental e Médio, sendo importante ressaltar que a prática associada a uma sequência didática enriquece a aula permitindo ao professor desenvolver os vários conceitos relacionados à Microbiologia em atividades variadas.

REFERÊNCIAS

ANNALISA, N.; ALESSIO, T.; CLAUDETTE, T.D.; ERALD, V.; ANTONINO, de L.; NICOLA, D.D. Gut microbioma population: an indicator really sensible to any change in age, diet, metabolic syndrome, and life-style. **Mediators of inflammation**, v. 2014, 2014.

ALBUQUERQUE, G. G.; BRAGA, R. P. S.; GOMES, V. Conhecimento dos alunos sobre microrganismos e seu uso no cotidiano. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 58-68, 2012.

ARIATTI, A.; COMTOIS, P. Louis Pasteur: The First Experimental Aerobiologist. **Aerobiologia**, v. 9, n. 1, p. 5-14, 1993.

ARMSTRONG, W.P. **Physical Properties & Structure of Cells**, 2012. Disponível em:<<https://www2.palomar.edu/users/warmstrong/lmexer1.htm#onion>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

AXT, R.; MOREIRA, M.A. O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Revista de Ensino de Física**, v. 13, p. 97-103, dez/1991.

BARBÊDO, G. T.; MONERAT, C. A. A. Microbiologia no ensino fundamental: como os livros didáticos abordam essa temática. **Ensino, Saúde e Ambiente**. v. 7 (1), p.1-12., 2014.

BARBOSA, F. G.; OLIVEIRA, N. C. Estratégias para o Ensino de Microbiologia: uma Experiência com Alunos do Ensino Fundamental em uma Escola de Anápolis-GO. **Cient. Ciênc. Human. Educ.**, UNOPAR, v. 16 (1), p. 5-13, 2015.

BARBOSA, F. H. F.; DE LIMA, L. P. J. B. Alternativas metodológicas em Microbiologia- viabilizando atividades práticas. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 10, n. 2, p. 134-143, 2010.

BEREZUK, P. A.; INADA, P. Avaliação dos laboratórios de ciências e biologia das escolas públicas e particulares de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 32, n. 2, p. 207-215, 2010.

BLEVINS, S. M.; BRONZE, M. S. Robert Koch and the ‘golden age’ of bacteriology. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 14, n. 9, p. e744-e751, 2010.

BRADBURY, S. **The evolution of the microscope**. Elsevier, 2014.

BOSZKO, C. Microscópios com materiais alternativos: Uma proposta para o Ensino da Microbiologia. **Salão das Ciências**. Cero Largo (RS) Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2014.

CALDEIRA, A. M.; ALVES, S.B.F. Biologia e Ética: Um estudo sobre compreensão e atitudes de alunos do Ensino Médio frente ao tema Genoma/DNA. **Revista Brasileira de Bioética**, v.7 (1), p.12-23, 2005.

CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992.

CÂNDIDO, M. S. C.; SANTOS, M. G.; AZEVEDO, T. M.; N. L. S. Microbiologia no ensino médio: analisando a realidade e sugerindo alternativas de ensino numa escola estadual paraibana. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 8 (1), p. 57-73, 2015.

CANHOS, V. P.; MANFIO, G. P. Recursos Microbiológicos para Biotecnologia. Centro de Referência em Informação Ambiental, Campinas, 2010.

CASSANTI, A. C.; CASSANTI, A. C.; ARAUJO, E. E. de; URSI, S. **Microbiologia democrática: estratégias de ensino-aprendizagem e formação de professores**. São Paulo: Colégio Dante Alighieri, 2008.

CROFT, W. J. **Under the microscope: a brief history of microscopy**. World Scientific, 2006.

DA SILVA, J.J.; BALTAR, S.L.S.M.A.; BEZERRA, M.L.M.B. Experimentação em Ciências com o uso de um microscópio artesanal e corante alternativo. **Experiências em Ensino em Ciências**, V. 14, nº 1, Alagoas, 2019.

DE ALCANTARA, E. F. S. Rotação por Estações de Aprendizagem. In: **Simpósio**. No. 8. 2020.

DEMO, P. **Educação e alfabetização científica**. Papirus Editora, 2014.

DO CARMO, Solange; SCHIMIN, E. O ensino da biologia através da experimentação. **Estado do Paraná: Secretaria de Estado da Educação**. Recuperado de: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1085-4.pdf>, 2013.

FERREIRA, M. V. C.; PAES, V. R.; LICHTENSTEIN, A. Penicilina: oitenta anos. **Revista de Medicina**, v. 87, n. 4, p. 272-276, 2008.

FREITAS, F.; NAGEM, R.; BONTEMPO, G. **Contribuições e desafios de um modelo análogo ao microscópio óptico baseado em smartphone para o ensino de Ciências**. 2015.

GARRIDO, B. e GONZÁLES, M.B. Microscopio de Leeuwenhoek. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 8, p. 487-490, 2011.

GEST, H. The remarkable vision of Robert Hooke (1635-1703): first observer of the microbial world. **Perspectives in biology and medicine**, v. 48, n. 2, p. 266-272, 2005.

GOMES, A. D. T.; BORGES, A. T.; JUSTI, R. Processos e conhecimentos envolvidos na realização de atividades práticas. **Investigações em Ensino de Ciências – V13(2)**, 2008

GOULART, A.C.P. **Fungos em Sementes de Soja Detecção, Importância e Controle**, Embrapa, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/280533015_Fungos_em_sementes_de_soja_deteccao_importancia_e_controle/link/55b7e42a08aec0e5f4395d5b/download. Acesso em: 31 jul. 2020.

GUTHERTZ, L.S. Teaching the History of Microbiology and the Transformation of the Laboratory: A Study in Miniature. **Journal of Microbiology & Biology Education**, v. 18(1), p. 1-7, 2017.

HAJDU, S. I. The first use of the microscope in medicine. **Annals of Clinical & Laboratory Science**, v. 32, n. 3, p. 309-310, 2002.

HØG, E. **650 Years of optics: from Alhazen to Fermat and Rømer. Astrometry and optics during the past 2000 years**, p. 91, 2008.

KARAMANOU, M., POULAKOU-REBELAKOU, E., TZETIS, M., ANDROUTSOS, G. (2010). Anton van Leeuwenhoek (1632-1723): father of micromorphology and discoverer of spermatozoa. **Revista Argentina de Microbiologia**, 42(4), 311-314.

KENT, P. W., CHAPMAN, A. **Robert Hooke and the English renaissance**. Gracewing Publishing, 2005.

KIMURA, Angela Hitomi et al. Microbiologia para o ensino médio e técnico: contribuição da extensão ao ensino e aplicação da ciência. **Revista Conexão UEPG**, v. 9, n. 2, p. 254-267, 2013.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**, 4ª ed., São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

MAHADEVAN, S. Leeuwenhoek: Discoverer of the microbial world. **Resonance**, v. 16, n. 1, p. 2-3, 2011.

MACHADO, C. S. S. **Atividades Laboratoriais com recurso a materiais de baixo custo: um estudo sobre concepções e práticas de professores timorenses de Ciências Físico-Naturais**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade do Minho.

MADIGAN, M.; MARTINKO, J.; BENDER, K.; BUCKLEY, D.; STAHL, D. **Brock Biology of Microorganisms**. Pearson: 14ª ed., 985p., 2016.

MALAJOVICH, M.A. **As leveduras e a panificação: montagem experimental e experimentação**. Instituto de Tecnologia Ort do Rio de Janeiro. Biopop, p. 1 -5, 2006. Disponível em: < https://bteduc.com/artigos/06_MAM_BIOPOP.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2020.

MANNHEIMER, W. A. **Microscopia dos materiais: uma introdução**. Editora E-papers, 2002.

MARCHETTI, M. M.; BARP, E. A. "Efeito rizosfera: a importância de bactérias fixadoras de nitrogênio para o solo/planta–revisão." **Ignis: Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo, Engenharias e Tecnologia da Informação**, v. 4.1, p. 61-71. 2015.

MARCELINO, V.; SOUSA E SILVA, P.G. **Metodologias para o Ensino: Teorias e exemplos de sequências didáticas**. Campos de Goytacazes, RJ – Brasil Multicultural, 2018.

MARTINS, R. A. Robert Hooke e a pesquisa microscópica dos seres vivos. **Filosofia e a História da Biologia**, v. 6, n. 1, p. 105-142, 2011.

MELLO, S. C. M. de; SILVA, J. B. T.; WETZEL, M. M. V. S. **Coleções de culturas microbianas no sistema nacional de pesquisa agropecuária**. EMBRAPA - Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, 2003.

NASCIMENTO, L. M. M.; GUIMARÃES, M. D. M.; EL-HANI, C. N. Construção e avaliação de sequências didáticas para o ensino de biologia: uma revisão crítica da literatura. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, p. 1-12, 2009.

OLIVEIRA, M. S.; MELQUIADES, J. A. P.; DE LIMA FERREIRA, A. Projeto Ciências na Mala-Microscópio de gota d'água. **II Congresso Nacional de Pesquisa em Ensino em Ciências**, 2017.

OVIGLI, D. F. B.; SILVA, E. B. Microrganismos? Sim, na saúde e na doença! Aproximando universidade e escola pública. In: **Anais do Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia**, UTFPR, v.1, 2007, p. 396-416, 2009.

PRAIA, P.; CAHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. A Hipótese E A Experiência Científica Em Educação Em **Ciência: Contributos Para Uma Reorientação Epistemológica. Ciência & Educação**, v. 8, n. 2, p. 253-262, 2002.

PRATES, G. C. **Microscópio alternativo de baixo custo**. Secretaria de Educação Profissional e Tecnologia. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Araquai, Minas Gerais, 2015.

PLIESSNIG, A. F.; KOVALICZN, R. A. **O uso de metodologias alternativas como forma de superação da abordagem pedagógica tradicional na disciplina de biologia**. Programa de Desenvolvimento Educacional-PDE do Estado do Paraná, p. 1-4, 2009.

SEPEL, L. M. N.; ROCHA, J. B. T.; LORETO, E. L. S. **Construindo um microscópio II. Bem simples e mais barato**. Revista Genética na Escola, v. 6, p. 1-5, 2011.

SHIMMIN, R.; EDKINS, K. **The Project Gutenberg eBook, Micrographia, by Robert Hooke**, 2005. Disponível em: <<http://www.gutenberg.org/files/15491/15491-h/15491-h.htm>>. Acesso em: 06 mai. 2020.

SILVA, V.M. **Atividade antagônica de actinobactérias contra *Botrytis* sp.** Monografia do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, 2014.

SCHNEIDER, E. I., SUHR, I. R. F., ROLON, V. E., ALMEIDA, C. M. D. **Sala de Aula Invertida em EAD: uma proposta de Blended Learning**. Revista Intersaberes, v. 8, n. 16, p. 68-81, 2013.

SCIENCE & PLANTS FOR SCHOOLS. **Pollen Image Library**, 2020. Disponível em: <<http://www-saps.plantsci.cam.ac.uk/pollen/index2.htm>> Acesso em 28 jul. 2020.

SOBRAL, M. S. C. **Relevância dos laboratórios de aulas práticas na formação inicial de professores de ciências e biologia**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, 2015.

SOARES, A.; MONASSA, J. M. O Emprego da Levedura na Indústria Food e Feed. **Regrad-Revista Eletrônica de Graduação do UNIVEM**-ISSN 1984-7866, v. 7, n. 1, 2014.

STEINERT, M. E. P.; HARDOIM, E. L. Rotação por estações na escola pública: limites e possibilidades em uma aula de biologia. **Ensino em Foco**, v. 2, n. 4, p. 11-24, 2019.

TEIXEIRA, Lia Cardoso Rocha Saraiva; OLIVEIRA, Ana Mourão. A relação teoria-prática na formação do educador e seu significado para a prática pedagógica do professor de biologia. **Ensaio pesquisa em educação em Ciências**, v. 7, n. 3, 2005.

TORTORA, G. J.; CASE, C. L.; FUNKE, B. R. **Microbiologia**-12ª Edição. Artmed Editora, 2016.

UNILAB, **Herbário Virtual de Fitopatologia – Bolor verdena laranja (*Penicillium digitatum*)**, 2017. Disponível em: <https://fitopatologiaunilab.blogspot.com/2017/12/bolor-verde-na-laranja-penicillium_18.html>. Acesso em: 31 jul. 2020.

VIEIRA, F. S. **Introdução à Microscopia**. 2008. Disponível em: <https://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/11371626022014Introducao_a_Microscopia_Aula_1.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2020

YOSHINO, K. Making science more accessible: DIY smartphone conversion brings microscopy to the masses. **International Journal on Innovations in Online Education**, v. 1, n. 1, 2017.

YOUNG, S.R. Gourmet Lab – the scientific principles behind your favorite foods. **NSTApres – National Science Teacher Association**. Arlington, Virginia, 2011. Disponível em: <<https://static.nsta.org/pdfs/samples/PB290Xweb.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2020.

ZORZO, R. A. Impacto do microbioma intestinal no eixo cérebro-intestino. **International Journal of Nutrology**, v. 10, n. S 01, p. S298-S305, 2017.

ZU, Z. Y., JIANG, M. D., XU, P. P., CHEN, W., NI, Q. Q., LU, G. M.; ZHANG, L. J. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): a perspective from China. **Radiology**, p. 200490, 2020.

WALLAU, G.L.; ORTIZ, M.F.; RUBIN, P.M.; LORETO, E.L.S.; SEPEL, L.M.N. Construindo um microscópio, de baixo custo que permite observações semelhantes às dos primeiros microscopistas. **Revista Genética na Escola**. 03: 1-3, 2008.

APÊNDICE 1 – ATIVIDADE 1

A 1ª questão norteadora da investigação a ser apresentada à sala de aula e que faz parte do cotidiano dos estudantes seria: *O que faz a massa de pão crescer?* Pode-se mostrar 1 saco ziploc contendo leveduras secas e passar por todos os estudantes para perguntarem se eles sabem o que é.

Caso ninguém responda, pode-se explicar que são leveduras, e que o que estamos enxergando é um agregado delas, e que 1 colher de sopa tem bilhões delas e trabalhar as dimensões delas (escala); que foram secas por um processo industrial, que as mantém vivas, quando reconstituídas em água. Uma resposta genérica e que a maioria possivelmente dirá é que o fermento faz a massa de pão crescer. O que nos leva à segunda questão norteadora.

APÊNDICE 2 – ATIVIDADE 2

A 2ª questão norteadora a ser investigada seria: *Como o fermento biológico de pão faz a massa de pão crescer?* Para auxiliar na formulação das hipóteses, propomos um experimento qualitativo utilizando 3 copos de café, representando 3 grupos:

- Grupo 1: copo contendo levedura, açúcar, água fria e farinha;
- Grupo 2: copo contendo levedura, açúcar, água morna e farinha;
- Grupo 3: copo contendo levedura, sem açúcar, água morna e farinha.

Todos os grupos devem, simultaneamente, iniciar com a adição de 1 colher de chá de fermento biológico seco (Fleischmann) a cada copo de café. A um outro copo de café, solubilizar 1 colher de chá de açúcar ou zero de açúcar (dependendo do grupo) e 1 colher de sopa de água mineral $\sim 40^{\circ}\text{C}$ ou à temperatura ambiente dependendo do grupo (medir a temperatura com auxílio de termômetro culinário do tipo espeto de baixo custo), misturando-se com o auxílio de um palito de churrasco por 30 segundos.

Verter essa mistura sobre o copo contendo levedura. Cada grupo deve misturar simultaneamente por 30 segundos, seguida de adição de 1 colher de sopa de farinha e agitação vigorosa por 30 segundos, período após o qual os copos serão observados para verificar em qual deles a massa formada cresce mais rapidamente, até alcançar a borda do copo.

APÊNDICE 3 – ATIVIDADE 3

A 3ª questão norteadora a ser investigada seria: *Do que é feito o fermento biológico de pão?* Nesta etapa, os grupos podem ser instigados a colherem informações do rótulo de embalagem do fermento biológico seco e realizarem buscas na internet sobre *Saccharomyces cerevisiae* (levedura).

Para que consigam visualizar a levedura, os estudantes devem preparar uma suspensão do fermento biológico utilizando um copo de café, adicionando 1 colher de sopa de água mineral morna (~40°C) e 1 colher de chá de fermento biológico seco, misturando com palito de churrasco por 30 segundos; após 5 minutos, com o auxílio de um palito de dente (ou contagotas pequeno ou pipeta Pasteur), coletar e depositar em cima de uma lâmina de vidro o equivalente a 1 gota da suspensão e misturada sobre a lâmina com 1 ou mais gotas de água mineral (a suspensão deve ficar apenas levemente turva).

Após cobrir a suspensão com lamínula de vidro e retirar o excesso das laterais da lamínula com papel toalha, observar a lâmina ao microscópio modificado de Yoshino (2017) com *smartphone* e zoom digital de 4x a 8x. Após realizarem a observação, pode-se pedir para os estudantes desenharem o que estão visualizando e depois mostrar fotografias de maior aumento desse microrganismo (aumento de 1000x, microscopia eletrônica) e um desenho esquematizado dos seus constituintes.

APÊNDICE 4 – ATIVIDADE 4

Pedir para os estudantes formularem hipóteses sobre como a levedura fez a massa crescer, instigando-os a pensar qual seria o papel do açúcar sobre as leveduras, propondo um experimento que permita fazer essa investigação.

Na proposta de MALAJOVICH (2006), materiais simples podem ser utilizados para quantificar o crescimento da massa de pão por meio da fermentação biológica.

Neste trabalho, ao invés de estudar diferentes variáveis simultaneamente (MALAJOVICH, 2006), propõe-se quantificar esse crescimento trabalhando diferentes concentrações de uma única variável que é concentração de açúcar. Outra alteração proposta neste trabalho em relação ao protocolo de Malajovich (2006) foi a de aumentar a concentração de levedura, de modo que, de forma inédita, a quantificação do crescimento pudesse ser realizada por meio da medida de crescimento do diâmetro médio das bolhas de gás produzidas. A atividade 5 (a seguir) foi proposta neste trabalho para poder avaliar o efeito da concentração de açúcar na produção de gases ao nível microscópico (Atividade 5).

Para isso, foram utilizados 4 grupos experimentais, preparando-se para todos os grupos:

- 1 saco plástico contendo 6 colheres de sopa de farinha;
- 1 garrafa de água mineral de 500mL vazia e cortada logo após a curvatura da sua boca terminar, formando um recipiente aproximadamente cilíndrico;
- 1 copo de plástico médio contendo 0 colher de chá de açúcar (grupo 1); 1,5 colheres de chá de açúcar (grupo 2); 3 colheres de chá de açúcar (grupo 3); 6 colheres de chá de açúcar (grupo 4) e solubilizados em 3 colheres de sopa de água morna (~40°C);
- 1 copo de plástico contendo 3 colheres de chá de fermento suspensos em 3 colheres de sopa de água morna (~40°C);
- 1 régua milimetrada de 10cm ou maior (pode ser impressa em sites como <https://www.reguaonline.com/files/regua-para-imprimir-20cm.pdf>) de papel, total de 4 réguas de papel para os 4 grupos;
- Pedacos de fitas adesivas para colar a régua milimetrada de papel ao recipiente;
- 1 palito de churrasco para cada grupo (total de 4 palitos), para serem utilizados no lugar de bastões de vidro para misturar os reagentes;
- 1 tesoura pequena.

Primeiramente foram preparados:

- a) 4 recipientes de plástico vazios a partir de garrafas de 500mL de água e feitas as identificações (o açúcar, 1,5 colheres de chá de açúcar, 3 colheres de chá de açúcar, 6 colheres de chá de açúcar, pois as outras variáveis (volume e temperatura da água, quantidade de levedura e quantidade de farinha) seriam as mesmas para todos os grupos;
- b) As 6 colheres de sopa de farinha foram medidas e colocadas nos 4 sacos plástico, reservando-as próximas aos recipientes de plástico;
- c) Foram distribuídas 3 colheres de sopa de água morna (~40°C) em cada um de 8 copos médios de plástico e em 4 desses copos foram adicionados respectivamente 0 colheres de chá de açúcar (grupo 1), 1,5 colher de chá de açúcar (grupo 2), 3 colheres de chá de açúcar (grupo 3) e 4 colheres de chá de açúcar (grupo 4); com o auxílio de um palito de churrasco (com a ponta voltada para cima), foram solubilizados por 30 segundos, mexendo vigorosamente para solubilizar o açúcar. Recomenda-se trabalhar com 4 voluntários para que sejam solubilizados simultaneamente, eliminando-se a interferência dessa variável;
- d) Foram distribuídas 3 colheres de chá de fermento biológico seco aos 4 copos restantes já contendo 3 colheres de sopa de água morna, mexendo vigorosamente com o auxílio de palitos de churrasco e simultaneamente com a ajuda de 4 voluntários, durante 30 segundos, eliminando-se a interferência dessa variável;
- e) Assim que o fermento biológico foi reconstituído em água morna (etapa 4), a solução de água contendo ou não açúcar foi vertida sobre a suspensão de fermento biológico, mexendo vigorosamente com o auxílio de palitos de churrasco e simultaneamente com a ajuda de 4 voluntários, durante 30 segundos, eliminando-se a interferência dessa variável;
- f) E imediatamente a mistura de fermento, açúcar e água morna foi vertida dentro do saco plástico contendo 6 colheres de sopa de farinha; fez-se a retirada do ar de dentro do saco e a massa criada foi amassada com as mãos por 30 segundos, e simultaneamente com a ajuda de 4 voluntários, eliminando-se a interferência dessa variável;
- g) Após a massa ser amassada por 30 segundos, imediatamente e simultaneamente com a ajuda de 4 voluntários, 1 vértice do saco foi cortada com a tesoura e despejada dentro de cada um dos 4 recipientes criados com garrafas de água de 500mL (puxando o máximo de massa possível com o auxílio das mãos sobre o saco de plástico;
- h) Imediatamente após a massa ser despejada nos recipientes, foram coladas régua milimetradas de papel nos recipientes, na altura em que a massa terminava, simultaneamente com a ajuda de 4 voluntários, eliminando-se a interferência da variável de tempo;

i) Com o auxílio de um cronômetro foram marcadas as distâncias alcançadas pelas massas após 15 minutos. As massas foram novamente misturadas vigorosamente com o auxílio do palito de churrasco para retirar ao máximo o gás produzido e novamente medidas as distâncias alcançadas após mais 15 minutos, construindo-se um gráfico de crescimento da massa x quantidade de açúcar.

Foram utilizadas colheres medidoras (Bono Home, modelo M1012) de sopa (volume 15mL), de chá (volume 5mL) e de café (volume 2,5mL) e a pesagem em balança analítica mostrou a correspondência apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 – Massas dos ingredientes medidos com colheres de sopa e de chá, obtidas por pesagem em balança.

Item	1 colher de sopa (g)	1 colher de chá (g)	1 colher de café (g)
Farinha branca	8,7	2,8	ND
Açúcar refinado	11,0	3,2	ND
Fermento biológico seco	ND	2,7	1,3

*ND = não determinado.

APÊNDICE 5 – ATIVIDADE 5

Esta atividade foi elaborada de forma inédita neste trabalho para compor a sequência didática proposta. Para visualizar microscopicamente a produção e crescimento de bolhas de gases por meio da fermentação do açúcar por leveduras utilizando o microscópio modificado de Yoshino, preparar sequencialmente 4 suspensões diferentes contendo ou não açúcar (mesmas proporções utilizadas na Atividade 4), contendo água morna ($\sim 40^{\circ}\text{C}$) e contendo fermento biológico seco ressuspendido.

Para isso, utilizar 4 grupos experimentais, e para todos os grupos preparar:

- 1 copo de plástico pequeno (de café) contendo 0 colher de chá de açúcar (grupo 1); 0,5 colher de chá ou 1 colher de café de açúcar (grupo 2); 1 colher de chá de açúcar (grupo 3); 2 colheres de chá de açúcar (grupo 4) e solubilizados em 1 colher de sopa de água morna ($\sim 40^{\circ}\text{C}$);

- 1 copo de plástico pequeno (de café) contendo 1 colher de chá de fermento suspensa em 1 colher de sopa de água morna ($\sim 40^{\circ}\text{C}$);

- lâminas, lamínulas, palitos de dentes, microscópio modificado de Yoshino (2017).

A avaliação deve seguir os seguintes passos (caso haja apenas 1 microscópio, cada concentração de açúcar deve ser estudada sequencialmente e não simultaneamente):

- a) Preparar o *smartphone* sobre o microscópio modificado de Yoshino (2017), ligando a lanterna e deixando o aparato pronto para receber a lâmina que será preparada. Preparar a câmera do *smartphone* no modo de gravação, aguardando para iniciar a gravação após o posicionamento da lâmina;

- b) Em um copo de café, adicionar a quantidade de açúcar correspondente ao grupo a ser estudado (0; 0,5 colher de chá ou 1 colher de café; 1 colher de chá; 2 colheres de chá) e solubilizada em 1 colher de sopa de água morna ($\sim 40^{\circ}\text{C}$), com agitação vigorosa usando palito de churrasco por 30 segundos;

- c) Em um copo de café, adicionar 1 colher de chá de fermento biológico seco ressuspenso em 1 colher de sopa de água morna ($\sim 40^{\circ}\text{C}$), com agitação vigorosa por 30 segundos usando palito de churrasco;

- d) Imediatamente após o preparo da suspensão de leveduras, verter o copo contendo solução de açúcar sobre o copo contendo suspensão de leveduras e agitar com palito por 30 segundos, vigorosamente. Imediatamente depositar 1 ou 2 gotas sobre lâmina de vidro, cobrir com lamínula e imediatamente posicionar e focalizar no microscópio de Yoshino.

Rapidamente, escolher um campo onde bolhas de gases (4 ou mais) possam ser observadas e realizar a gravação do campo por um período de 3 minutos;

e) Tirar *prints* das telas nos tempos de 0 e 3 minutos em cada uma das concentrações de açúcar e, após impressão dessas telas, com o auxílio de uma régua milimetrada, medir os diâmetros das bolhas de gases nos 2 tempos. O número de vezes em que cada bolha aumenta é determinado pela relação “diâmetro da bolha aos 3 minutos/diâmetro da mesma bolha no tempo 0”. E uma média desse aumento é obtida pela “soma dos aumentos verificados/número de bolhas observadas”, construindo-se um gráfico de aumento médio do diâmetro da bolha x quantidade de açúcar.

ANEXO 1 – PRODUTO: SEQUÊNCIA DIDÁTICA

1

ANEXO 1 – PRODUTO: SEQUÊNCIA DIDÁTICA

SATO¹, Amélia
ONO², LucySEQUENCIA DIDÁTICA COM O USO DE MICROSCÓPIO ALTERNATIVO EM PRÁTICAS
EXPERIMENTAIS COM LEVEDURAS

A presente sequência didática foi realizada como produto do TCM no Setor de Ciências Biológicas da UFPR e contou com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – BRASIL (CAPES).

A carência de recursos materiais sempre foi um problema enfrentado não somente pelas escolas públicas localizadas em periferias, como também outras instituições de ensino, incluindo as de nível superior. Mais propriamente, a falta de materiais nos laboratórios de Ciências, dificultam o trabalho do professor das disciplinas que envolvem experimentos práticos. A falta do microscópio óptico, de alto custo, e muitas vezes ausente nas escolas de Ensino Fundamental e Médio, reflete as carências conceituais que os estudantes acabam levando para toda a vida.

O estudo de microrganismos permite aos estudantes compreender a relevância desses seres que habitam em abundância ao nosso redor, não se limitando a serem causadores de doenças, ou mesmo, invisíveis a olho nu. Daí a necessidade da adaptação de equipamentos de menor custo, que possam substituir equipamentos caros e de difícil aquisição, possibilitando ao estudante a visualização desse imenso mundo secreto que só pode ser visto sob lentes de aumento.

O professor tem papel relevante nessa adaptação, pois sendo o mediador do conhecimento em sala de aula, muitas vezes também se vê na responsabilidade de adaptar equipamentos comerciais em materiais mais simples, baratos e de fácil aquisição e construção.

¹SEED/PR – Bióloga Licenciada pertencente ao Quadro Próprio do Magistério.

²UFPR/DPAT – Professora Doutora do Departamento de Patologia Básica.

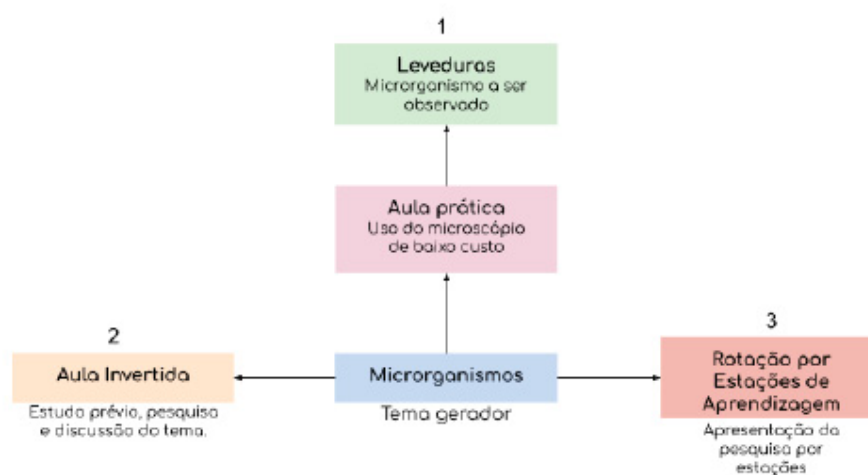
Nesse contexto aparecem os microscópios caseiros ou alternativos que, elaborados de diversas formas e técnicas, podem ser construídos com material reciclável como lentes de laser pointer ou mesmo de leitores de DVD, garrafas plásticas, pedaços de MDF, acrílico e também de outros materiais reutilizáveis. Também aparece o microscópio adaptado de Yoshino (2017) que, fabricado com matérias alternativas, tem valor de aquisição muito menor ao dos microscópios ópticos disponíveis no mercado.

A partir disso, esta sequência didática foi elaborada com o intuito de auxiliar o professor que deseja realizar atividades práticas experimentais com seus estudantes, mesmo quando o laboratório de Ciência de sua escola for inexistente.

ESTUDOS DE MICRORGANISMOS COM O AUXÍLIO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A partir do esquema abaixo, o professor compreende que, a sequência didática foi dividida em três momentos diferentes, podendo o professor utilizar 3 ou mais aulas (de 50 minutos cada) de seu cronograma, de acordo com o desenvolvimento e aproveitamento dos seus estudantes.

Figura 1 – Organização básica da sequência didática sugerida.



Fonte: As autoras (2020)

Com a escolha do material de baixo custo para o desenvolvimento da aula prática experimental, como o microscópio de baixo custo adaptado de Yoshino (2017), incluso a escolha de leveduras à fresco pela facilidade de observação, é possível a elaboração de diversas práticas envolvendo a realização de microscopia nas disciplinas de Ciências e Biologia.

Compreende-se que o tema estudo de microrganismos envolve conteúdos e conceitos diversos dentro de contextos também variados, e essa sequência didática torna-se então uma metodologia ao mesmo tempo ativa e facilitadora para a introdução de temas como a grande diversidade de microrganismos, os benefícios e malefícios trazidos por esses.

1 MOMENTO 1 – AULAS PRÁTICAS

A sequência didática proposta foi desenvolvida para a inserção de aulas práticas com leveduras como indutora da curiosidade e geradora de questões problematizadoras, com base em práticas propostas por MALAJOVICH (2006) e YOUNG (2011) que foram modificadas para esta sequência.

1.1 SUGESTÃO DE PRÁTICA EXPERIMENTAL - ATIVIDADE 1

A 1ª questão norteadora da investigação a ser apresentada à sala de aula e que faz parte do cotidiano dos estudantes seria: *O que faz a massa de pão crescer?* Pode-se mostrar 1 saco ziploc contendo leveduras secas e passar por todos os estudantes para perguntarem se eles sabem o que é.

Caso ninguém responda, pode-se explicar que são leveduras, e que o que estamos enxergando é um agregado delas, e que 1 colher de sopa tem bilhões delas e trabalhar as dimensões delas (escala); que foram secas por um processo industrial, que as mantém vivas, quando reconstituídas em água. Uma resposta genérica e que a maioria possivelmente dirá é que o fermento faz a massa de pão crescer. O que nos leva à segunda questão norteadora.

1.2 SUGESTÃO DE PRÁTICA EXPERIMENTAL - ATIVIDADE 2

A 2ª questão norteadora a ser investigada seria: *Como o fermento biológico de pão faz a massa de pão crescer?* Para auxiliar na formulação das hipóteses, propomos um experimento qualitativo utilizando 3 copos de café, representando 3 grupos:

- Grupo 1: copo contendo levedura, açúcar, água fria e farinha;
- Grupo 2: copo contendo levedura, açúcar, água morna e farinha;
- Grupo 3: copo contendo levedura, sem açúcar, água morna e farinha.

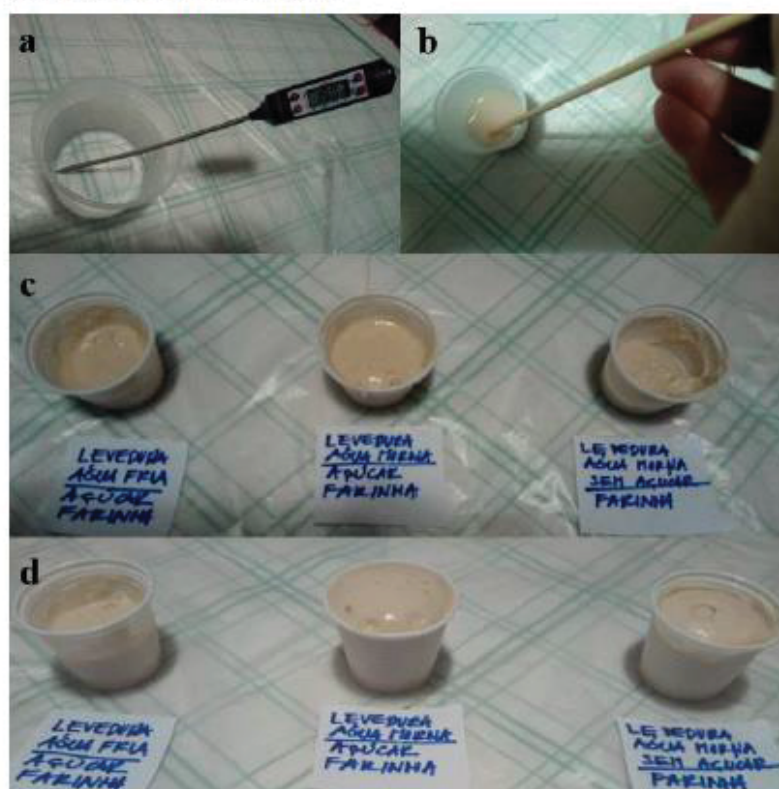
Todos os grupos devem, simultaneamente, iniciar com a adição de 1 colher de chá de fermento biológico seco a cada copo de café. A um outro copo de café, solubilizar 1 colher de chá de açúcar ou zero de açúcar (dependendo do grupo) e 1 colher de sopa de água mineral ~40°C ou à temperatura ambiente dependendo do grupo (medir a temperatura com auxílio de termômetro culinário do tipo espeto de baixo custo), misturando-se com o auxílio de um palito de churrasco por 30 segundos.

Verter essa mistura sobre o copo contendo levedura. Cada grupo deve misturar simultaneamente por 30 segundos, seguida de adição de 1 colher de sopa de farinha e agitação vigorosa por 30 segundos, período após o qual os copos serão observados para verificar em qual deles a massa formada cresce mais rapidamente, até alcançar a borda do copo.

1.2.1 ANÁLISE DE RESULTADOS – ATIVIDADE 2

Na atividade prática 2 o experimento qualitativo proposto terá avaliado 3 grupos, para verificar quais condições (água fria a ~19°C e água morna a ~40°C; presença ou ausência de açúcar) levariam a um crescimento maior da massa (como no exemplo da Figura 2), chegando à conclusão de que a melhor condição é a de água morna e contendo açúcar, a primeira a alcançar a borda do copo após seu crescimento em um tempo de ~8 minutos. Aqui podem surgir questionamentos do papel dessas variáveis (temperatura e açúcar) no crescimento da massa por meio da ação da levedura.

Figura 2 - Determinação qualitativa das melhores condições para o crescimento de uma massa à base de farinha por meio do uso de fermento biológico. a) termômetro culinário de espeto utilizado para avaliar a temperatura da água mineral utilizada (~19°C à temperatura ambiente e ~40°C à temperatura morna); b) palito de churrasco utilizado como bastão para misturar vigorosamente 1 colher de chá de fermento biológico seco em água contendo ou não açúcar, morna ou fria; c) grupos 1 (contendo água fria e açúcar), grupo 2 (contendo água morna e açúcar) e grupo 3 (contendo água morna e sem açúcar) logo após adição de farinha, no tempo 0 do experimento; d) avaliação após 8 minutos de observação indicando que a massa com maior crescimento (a primeira a atingir a borda do copo de café) seria a do grupo 2 (contendo água morna e açúcar)



Fonte: As autoras (2020)

1.3 SUGESTÃO DE PRÁTICA EXPERIMENTAL - ATIVIDADE 3

A 3ª questão norteadora a ser investigada seria: *Do que é feito o fermento biológico de pão?* Nesta etapa, os grupos podem ser instigados a colherem informações do rótulo de embalagem do fermento biológico seco e realizarem buscas na internet sobre *Saccharomyces cerevisiae* (levedura).

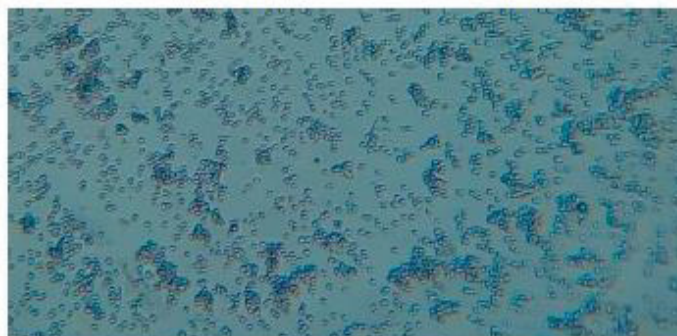
Para que consigam visualizar a levedura, os estudantes devem preparar uma suspensão do fermento biológico utilizando um copo de café, adicionando 1 colher de sopa de água mineral morna (~40°C) e 1 colher de chá de fermento biológico seco, misturando com palito de churrasco por 30 segundos; após 5 minutos, com o auxílio de um palito de dente (ou conta-gotas pequeno ou pipeta Pasteur), coletar e depositar em cima de uma lâmina de vidro o equivalente a 1 gota da suspensão e misturada sobre a lâmina com 1 ou mais gotas de água mineral (a suspensão deve ficar apenas levemente turva).

Após cobrir a suspensão com lamínula de vidro e retirar o excesso das laterais da lamínula com papel toalha, observar a lâmina ao microscópio modificado de Yoshino (2017) com *smartphone* e zoom digital de 4x a 8x. Após realizarem a observação, pode-se pedir para os estudantes desenharem o que estão visualizando e depois mostrar fotografias de maior aumento desse microrganismo (aumento de 1000x, microscopia eletrônica) e um desenho esquematizado dos seus constituintes.

1.3.1 ANÁLISE DE RESULTADOS – ATIVIDADE 3

Na 3ª atividade prática, os estudantes teriam uma 3ª questão norteadora a ser investigada “Do que é feito o fermento biológico de pão?” que resultaria no convite à observação de uma suspensão aquosa do fermento biológico seco contendo células microscópicas de *Saccharomyces cerevisiae* (levedura), utilizando o microscópio modificado de Yoshino (2017) (Figura 3), tendo sido importante produzir uma gota levemente turva antes da colocação da lamínula, pois suspensões muito concentradas e carregadas podem dificultar a observação da levedura. Seria importante que nessa etapa, os estudantes já tivessem tido aulas anteriores para a observação de diferentes objetos ampliados pelo microscópio e tivessem familiaridade com o funcionamento dele.

Figura 3 - Observação de suspensão aquosa de leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) de fermento biológico seco em microscópio modificado de Yoshino (2017). A captura da imagem foi feita com câmera traseira de *smartphone* com zoom digital de 4x; a magnificação calculada é de cerca de 170x nesta imagem



Fonte: SATO; LIMA; ONO (submetido)

1.4 SUGESTÃO DE PRÁTICA EXPERIMENTAL - ATIVIDADE 4

Pedir para os estudantes formularem hipóteses sobre como a levedura fez a massa crescer, instigando-os a pensar qual seria o papel do açúcar sobre as leveduras, propondo um experimento que permita fazer essa investigação.

Na proposta de MALAJOVICH (2006), materiais simples podem ser utilizados para quantificar o crescimento da massa de pão por meio da fermentação biológica.

Neste trabalho, ao invés de estudar diferentes variáveis simultaneamente (MALAJOVICH, 2006), propõe-se quantificar esse crescimento trabalhando diferentes concentrações de uma única variável que é concentração de açúcar. Outra alteração proposta neste trabalho em relação ao protocolo de Malajovich (2006) foi a de aumentar a concentração de levedura, de modo que, de forma inédita, a quantificação do crescimento pudesse ser realizada por meio da medida de crescimento do diâmetro médio das bolhas de gás produzidas. A atividade 5 (a seguir) foi proposta neste trabalho para poder avaliar o efeito da concentração de açúcar na produção de gases ao nível microscópico (Atividade 5).

Para isso, utilizar 4 grupos experimentais, preparando-se para todos os grupos:

- 1 saco plástico contendo 6 colheres de sopa de farinha;
- 1 garrafa de água mineral de 500mL vazia e cortada logo após a curvatura da sua boca terminar, formando um recipiente aproximadamente cilíndrico;

- 1 copo de plástico médio contendo 0 colher de chá de açúcar (grupo 1); 1,5 colheres de chá de açúcar (grupo 2); 3 colheres de chá de açúcar (grupo 3); 6 colheres de chá de açúcar (grupo 4) e solubilizados em 3 colheres de sopa de água morna (~40°C);

- 1 copo de plástico contendo 3 colheres de chá de fermento suspensos em 3 colheres de sopa de água morna (~40°C);

- 1 régua milimetrada de 10cm ou maior (pode ser impressa em sites como <https://www.reguaonline.com/files/regua-para-imprimir-20cm.pdf>) de papel, total de 4 réguas de papel para os 4 grupos;

- Pedacos de fitas adesivas para colar a régua milimetrada de papel ao recipiente;

- 1 palito de churrasco para cada grupo (total de 4 palitos), para serem utilizados no lugar de bastões de vidro para misturar os reagentes;

- 1 tesoura pequena.

Primeiramente preparar:

a) 4 recipientes de plástico vazios a partir de garrafas de 500mL de água e fazer as identificações (o açúcar, 1,5 colheres de chá de açúcar, 3 colheres de chá de açúcar, 6 colheres de chá de açúcar, pois as outras variáveis (volume e temperatura da água, quantidade de levedura e quantidade de farinha) seriam as mesmas para todos os grupos;

b) As 6 colheres de sopa de farinha serão medidas e colocadas nos 4 sacos plástico, reservando-as próximas aos recipientes de plástico;

c) Distribuir 3 colheres de sopa de água morna (~40°C) em cada um de 8 copos médios de plástico e em 4 desses copos adicionar respectivamente 0 colheres de chá de açúcar (grupo 1), 1,5 colher de chá de açúcar (grupo 2), 3 colheres de chá de açúcar (grupo 3) e 4 colheres de chá de açúcar (grupo 4); com o auxílio de um palito de churrasco (com a ponta voltada para cima), solubilizar por 30 segundos, mexendo vigorosamente para solubilizar o açúcar. Recomenda-se trabalhar com 4 voluntários para que sejam solubilizados simultaneamente, eliminando-se a interferência dessa variável;

d) Distribuir 3 colheres de chá de fermento biológico seco aos 4 copos restantes já contendo 3 colheres de sopa de água morna, mexendo vigorosamente com o auxílio de palitos de churrasco e simultaneamente com a ajuda de 4 voluntários, durante 30 segundos, eliminando-se a interferência dessa variável;

e) Assim que o fermento biológico for reconstituído em água morna (etapa 4), a solução de água contendo ou não açúcar será vertida sobre a suspensão de fermento

biológico, mexendo vigorosamente com o auxílio de palitos de churrasco e simultaneamente com a ajuda de 4 voluntários, durante 30 segundos, eliminando-se a interferência dessa variável;

f) E imediatamente a mistura de fermento, açúcar e água morna será vertida dentro do saco plástico contendo 6 colheres de sopa de farinha; retirar o ar de dentro do saco e amassar contida no saco com as mãos por 30 segundos, e simultaneamente com a ajuda de 4 voluntários, eliminando-se a interferência dessa variável;

g) Após a massa ser amassada por 30 segundos, imediatamente e simultaneamente com a ajuda de 4 voluntários, 1 vértice do saco será cortado com a tesoura e despejada dentro de cada um dos 4 recipientes criados com garrafas de água de 500mL (puxando o máximo de massa possível com o auxílio das mãos sobre o saco de plástico);

h) Imediatamente após a massa ser despejada nos recipientes, colar régua milimetrada de papel nos recipientes, na altura em que a massa termina, simultaneamente com a ajuda de 4 voluntários, eliminando-se a interferência da variável de tempo;

i) Com o auxílio de um cronômetro, marcar as distâncias alcançadas pelas massas após 15 minutos. As massas serão novamente misturadas vigorosamente com o auxílio do palito de churrasco para retirar ao máximo o gás produzido e novamente medidas as distâncias alcançadas após mais 15 minutos, construindo-se um gráfico de crescimento da massa x quantidade de açúcar.

Podem ser utilizadas colheres medidoras de sopa (volume 15mL), de chá (volume 5mL) e de café (volume 2,5mL), cuja equivalência em gramas é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Massas dos ingredientes medidos com colheres de sopa e de chá, obtidas por pesagem em balança.

Item	1 colher de sopa (g)	1 colher de chá (g)	1 colher de café (g)
Farinha branca	8,7	2,8	ND
Açúcar refinado	11,0	3,2	ND
Fermento biológico seco	ND	2,7	1,3

*ND = não determinado.

Fonte: As autoras (2020)

1.4.1 ANÁLISE DE RESULTADOS – ATIVIDADE 4

Na atividade prática 4, trabalhar-se-á com uma variação do experimento proposto por MALAJOVICH (2006), para responderem sobre o papel do açúcar na atividade das leveduras sobre o crescimento do pão. Aqui, ao invés de estudar diferentes variáveis simultaneamente como propôs MALAJOVICH (2006), esse crescimento da massa pela ação da levedura será investigado trabalhando diferentes concentrações de uma única variável que seria a concentração de açúcar (Figuras 4 e 5).

Figura 4 - Materiais para a investigação da relação entre quantidade de açúcar e velocidade de crescimento da massa de à base de farinha pelo fermento biológico.



Fonte: As autoras (2020)

Lista de materiais:

- a) recorte da garrafa de água de 500mL para produzir recipiente cilíndrico;
- b) colheres medidoras de sopa (15mL), chá (5mL) e café (2,5mL);
- c) água morna ($\sim 40^{\circ}\text{C}$);
- d) copo com água e açúcar em diferentes concentrações;
- e) etapa em que a solução de açúcar é vertida sobre a suspensão de leveduras;
- f) 4 grupos cada qual com seu saco de farinha reservado sobre o qual será vertida a suspensão de açúcar (em diferentes quantidades), água e levedura.

Figura 5 - Avaliação da altura de crescimento da massa contendo fermento biológico em função de diferentes concentrações de açúcar.

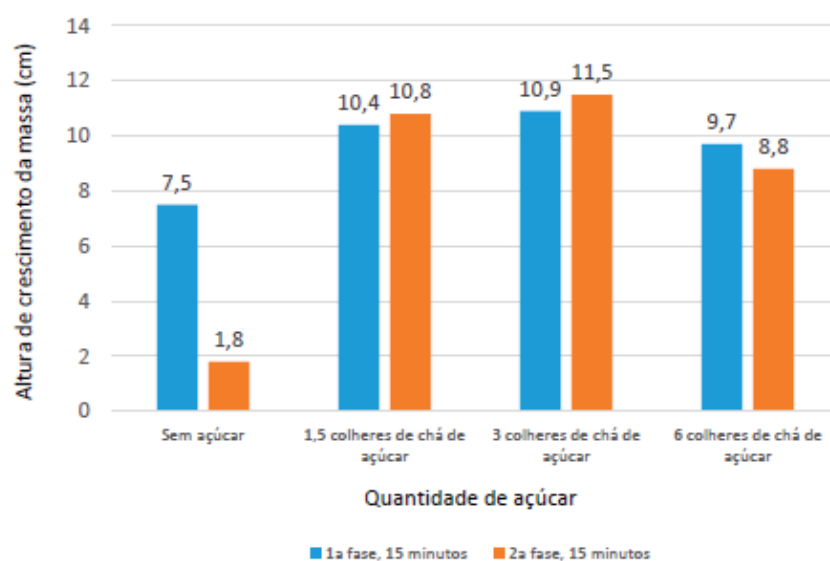


Fonte: As autoras (2020)

Todos os grupos contêm 6 colheres de sopa de água morna (~40°C), 3 colheres de chá de fermento biológico seco e 6 colheres de sopa de farinha e serão observados por 15 minutos:

- a) grupo 1 sem adição de açúcar;
- b) grupo 2 com adição de 1,5 colheres de chá de açúcar;
- c) grupo 3 com adição de 3 colheres de chá de açúcar;
- d) grupo 4 com adição de 6 colheres de chá de açúcar.

Figura 6 - Avaliação da altura de crescimento da massa contendo fermento biológico em função de diferentes concentrações de açúcar. *1ª fase: medida de altura de crescimento da massa tomada logo após 15 minutos de despejamento da massa dentro do recipiente cilíndrico; *2ª fase: medida de crescimento da massa tomada logo após 15 minutos de agitação vigorosa da massa crescida anteriormente por 30 segundos com palito de churrasco para a retirada parcial do gás formado nos 15 primeiros minutos.



Fonte: As autoras (2020)

É possível, no exemplo de resultado observado na Figura 5, observar que a concentração em que ocorreu maior crescimento da massa após 15 minutos de observação é a que continha 3 colheres de chá de açúcar, tanto nos 15 minutos iniciais quanto nos 15

minutos seguintes após a retirada parcial do gás formado nos 15 minutos anteriores. É possível observar que nos 15 primeiros minutos, há crescimento significativo (7,5cm) no grupo 1, que não continha açúcar, o que não se repete na 2ª fase, 15 minutos posteriores à retirada parcial do gás produzido antes (1,8cm), possivelmente relacionado à açúcar residual da cultura de levedura utilizada para a produção do fermento biológico seco, mas com boa parte dele rapidamente consumido nos primeiros 15 minutos de fermentação. Também é possível observar que em concentrações muito altas de açúcar (grupo 4 contendo 6 colheres de chá de açúcar) o crescimento da massa foi menor que nos grupos 2 (1,5 colheres de chá de açúcar) e 3 (3 colheres de chá de açúcar), possivelmente influenciado por um ambiente hipertônico para a levedura (Na Figura 6).

1.5 SUGESTÃO DE PRÁTICA EXPERIMENTAL - ATIVIDADE 5

Esta atividade foi elaborada de forma inédita pelas autoras para compor a sequência didática proposta (SATO; LIMA; ONO, submetido). Para visualizar microscopicamente a produção e crescimento de bolhas de gases por meio da fermentação do açúcar por leveduras utilizando o microscópio modificado de Yoshino, preparar sequencialmente 4 suspensões diferentes contendo ou não açúcar (mesmas proporções utilizadas na Atividade 4), contendo água morna (~40°C) e contendo fermento biológico seco ressuscitado.

Para isso, utilizar 4 grupos experimentais, e para todos os grupos preparar:

- 1 copo de plástico pequeno (de café) contendo 0 colher de chá de açúcar (grupo 1); 0,5 colher de chá ou 1 colher de café de açúcar (grupo 2); 1 colher de chá de açúcar (grupo 3); 2 colheres de chá de açúcar (grupo 4) e solubilizados em 1 colher de sopa de água morna (~40°C);

- 1 copo de plástico pequeno (de café) contendo 1 colher de chá de fermento suspensa em 1 colher de sopa de água morna (~40°C);

- lâminas, lamínulas, palitos de dentes, microscópio modificado de Yoshino (2017).

A avaliação deve seguir os seguintes passos (caso haja apenas 1 microscópio, cada concentração de açúcar deve ser estudada sequencialmente e não simultaneamente):

- a) Preparar o *smartphone* sobre o microscópio modificado de Yoshino (2017), ligando a lanterna e deixando o aparato pronto para receber a lâmina que será preparada.

Preparar a câmera do smartphone no modo de gravação, aguardando para iniciar a gravação após o posicionamento da lâmina;

b) Em um copo de café, adicionar a quantidade de açúcar correspondente ao grupo a ser estudado (0; 0,5 colher de chá ou 1 colher de café; 1 colher de chá; 2 colheres de chá) e solubilizada em 1 colher de sopa de água morna ($\sim 40^{\circ}\text{C}$), com agitação vigorosa usando palito de churrasco por 30 segundos;

c) Em um copo de café, adicionar 1 colher de chá de fermento biológico seco ressuspenso em 1 colher de sopa de água morna ($\sim 40^{\circ}\text{C}$), com agitação vigorosa por 30 segundos usando palito de churrasco;

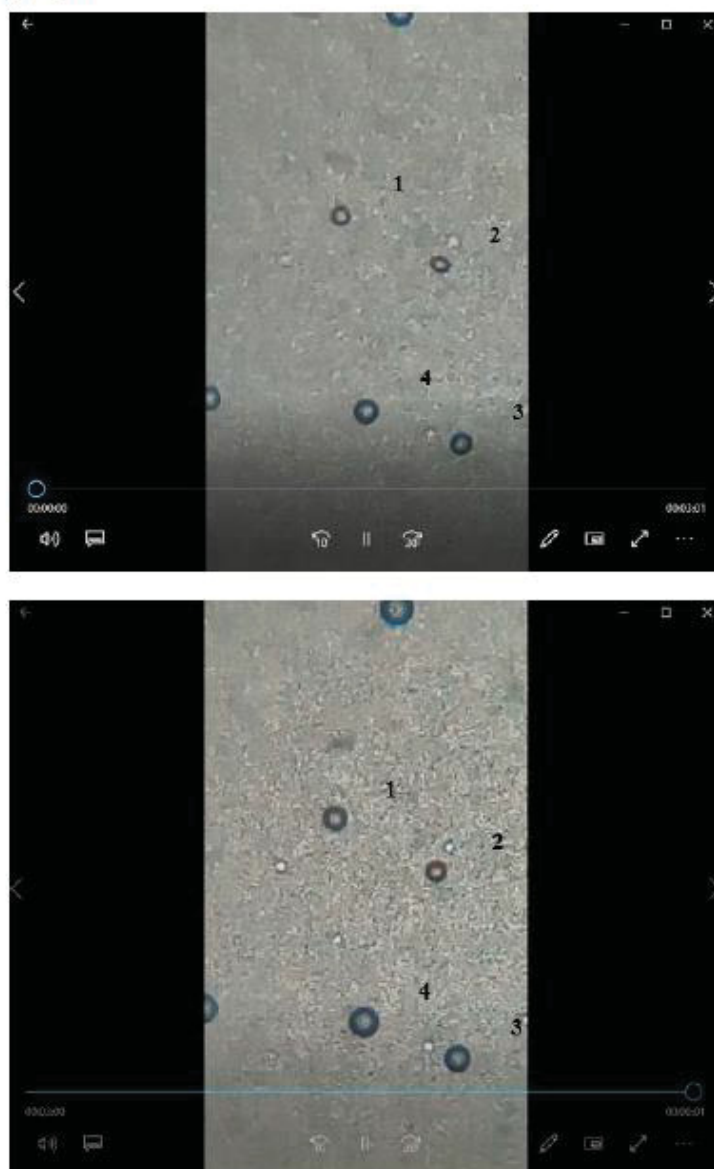
d) Imediatamente após o preparo da suspensão de leveduras, verter o copo contendo solução de açúcar sobre o copo contendo suspensão de leveduras e agitar com palito por 30 segundos, vigorosamente. Imediatamente depositar 1 ou 2 gotas sobre lâmina de vidro, cobrir com lamínula e imediatamente posicionar e focalizar no microscópio de Yoshino. Rapidamente, escolher um campo onde bolhas de gases (4 ou mais) possam ser observadas e realizar a gravação do campo por um período de 3 minutos;

e) Tirar *prints* das telas nos tempos de 0 e 3 minutos em cada uma das concentrações de açúcar e, após impressão dessas telas, com o auxílio de uma régua milimetrada, medir os diâmetros das bolhas de gases nos 2 tempos. O número de vezes em que cada bolha aumenta é determinado pela relação “diâmetro da bolha aos 3 minutos/diâmetro da mesma bolha no tempo 0”. E uma média desse aumento é obtida pela “soma dos aumentos verificados/número de bolhas observadas”, construindo-se um gráfico de aumento médio do diâmetro da bolha x quantidade de açúcar.

1.5.1 ANÁLISE DE RESULTADOS – ATIVIDADE 5

Exemplos de avaliações dos crescimentos das bolhas de gás produzidas pelas leveduras em diferentes concentrações de açúcar por meio do microscópio modificado de Yoshino (2017) são apresentadas nas Figuras 7, 8, 9, 10 e 11, e também na Tabela 2. A quantificação do crescimento do diâmetro médio das bolhas de gás ao microscópio reproduziu os resultados de crescimento de altura de massa nas mesmas concentrações de açúcar.

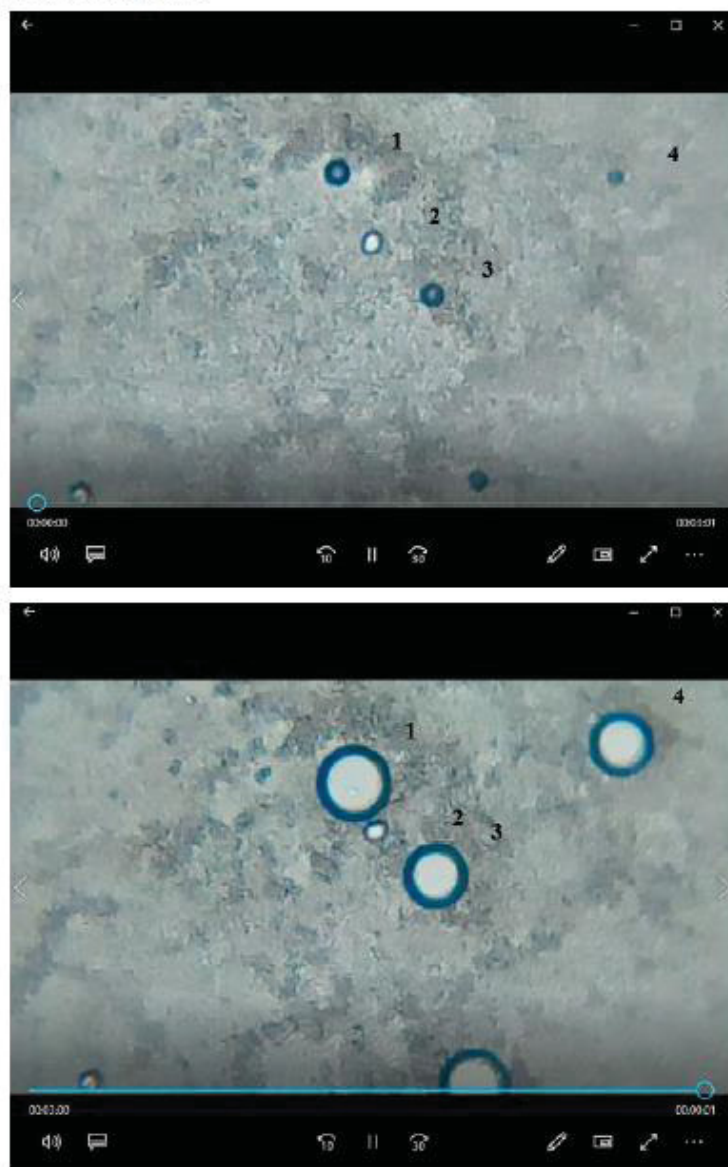
Figura 7 - Avaliação do aumento do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras sem adição de açúcar em microscópio modificado de Yoshino (2017) com prints de telas nos tempos 0 e 3 minutos de gravação.



Fonte: SATO; LIMA; ONO (submetido)

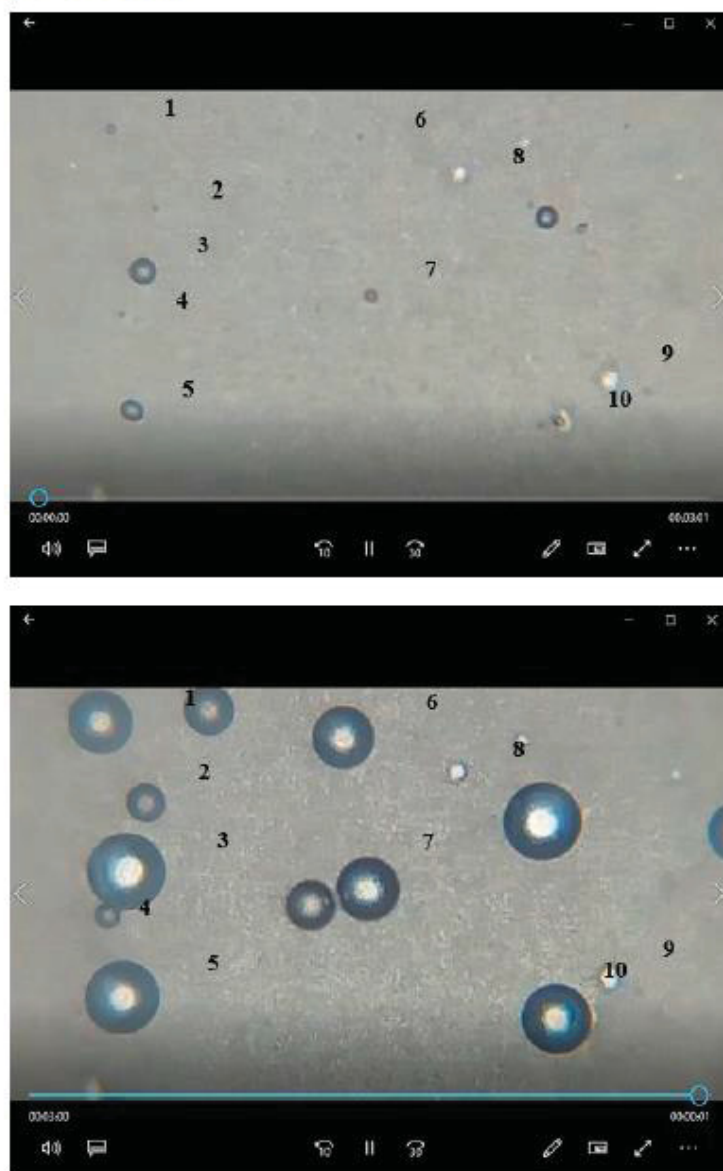
16

Figura 8 - Avaliação do aumento do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras contendo 0,5 colher de chá de açúcar em microscópio modificado de Yoshino (2017) com prints de telas nos tempos 0 e 3 minutos de gravação.



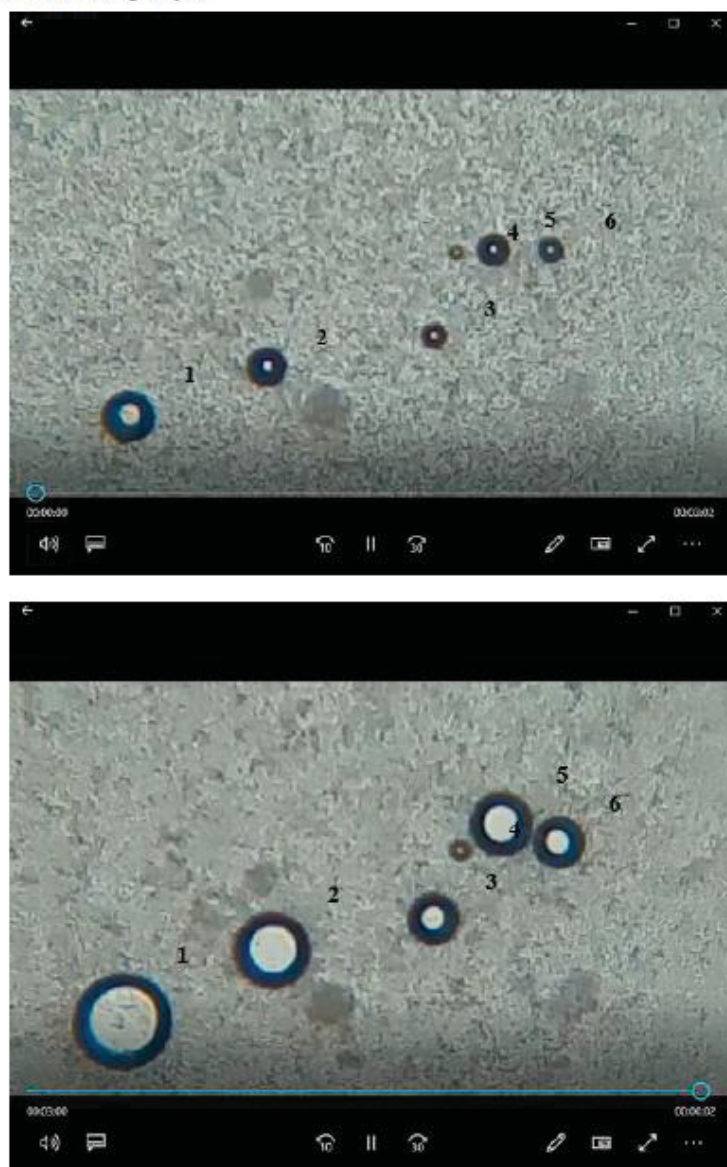
Fonte: SATO; LIMA; ONO (submetido)

Figura 9 - Avaliação do aumento do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras contendo 1 colher de chá de açúcar em microscópio modificado de Yoshino (2017) com prints de telas nos tempos 0 e 3 minutos de gravação.



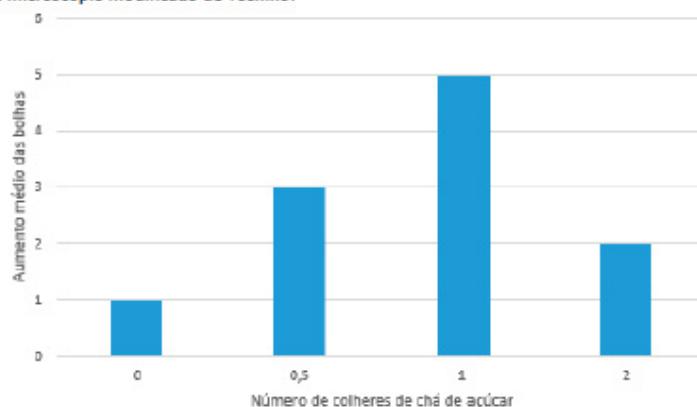
Fonte: SATO; LIMA; ONO (submetido)

Figura 10 - Avaliação do aumento do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras contendo 2 colheres de chá de açúcar em microscópio modificado de Yoshino (2017) com prints de telas nos tempos 0 e 3 minutos de gravação.



Fonte: SATO; LIMA; ONO (submetido)

Figura 11 – Gráfico com aumento médio do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras contendo diferentes concentrações de açúcar em prints de telas de 0 e 3 minutos de gravação das lâminas em microscópio modificado de Yoshino.



Fonte: SATO; LIMA; ONO (submetido)

Tabela 2 - Quantificação do aumento médio do diâmetro das bolhas de gás produzidas por suspensão aquosa de leveduras contendo diferentes concentrações de açúcar em prints de telas de 0 e 3 minutos de gravação das lâminas em microscópio modificado de Yoshino.

	0 açúcar			0,5 açúcar			1 açúcar			2 açúcar		
Bolha	3min (mm)	0min (mm)	Aumento (vezes)	3min (mm)	0min (mm)	Aumento (vezes)	3min (mm)	0min (mm)	Aumento (vezes)	3min (mm)	0min (mm)	Aumento (vezes)
1	5	4	1,3	16	4	4,0	13	2	6,5	21	11	1,9
2	4	4	1,0	5	4	1,3	8	1	8,0	17	8	2,1
3	5,5	5	1,1	14	4	3,5	17	6	2,8	11	6	1,8
4	6	5	1,2	14	3,5	4,0	5	1	5,0	5	3,5	1,4
5							16	5	3,2	13	6,5	2,0
6							13	1	13,0	11	5	2,2
7							13	2,5	5,2			
8							4	4	1,0			
9							5	4	1,3			
10							15	2	7,5			
Média	1,1x de aumento			3,2x de aumento			5,3x de aumento			1,9x de aumento		

Fonte: SATO; LIMA; ONO (submetido)

2 MOMENTO 2 – AULA INVERTIDA

Após a realização das diferentes práticas com leveduras que foram descritas anteriormente, a sequência seguiria com uma aula invertida que é uma metodologia ativa de pesquisa que coloca o estudante no papel de protagonista, exercendo sua autonomia.

Nesta etapa, o estudante realiza um estudo prévio, com materiais ofertados pelo professor, como livros, artigos ou vídeos contendo o tema a ser estudado, ou mesmo realizando uma pesquisa mediada pelo professor sobre o papel dos microrganismos e conceitos básicos sobre a estrutura e origem desses seres.

Posteriormente ocorre uma discussão em grupo, onde o professor passa da aula expositiva tradicional para uma aula de discussão sobre o conteúdo estudado previamente, onde o estudante pode procurar sanar suas dúvidas e fazer questionamentos, nesse momento, o professor também pode lançar questionamentos aos estudantes com o intuito de fomentar a discussão (SCHNEIDER, 2013).

3 MOMENTO 3 – ROTAÇÃO POR ESTAÇÕES DE APRENDIZAGEM

E como finalização da sequência didática, sugere-se a utilização da Rotação por Estações de Aprendizagem como facilitador na disseminação do conhecimento adquirido pelo estudante na sua jornada investigativa, democratizando assim, o conhecimento adquirido por todos de forma mais dinâmica e intuitiva.

Na Rotação por Estações de Aprendizagem, o professor pode sugerir que cada equipe de estudantes desenvolva um tema diferente dentre os discutidos em aula, possibilitando que o grupo desenvolva maior interação entre si e ocorra a socialização do conhecimento adquirido durante o processo de pesquisa e discussão, com consequente diminuição da aula expositiva, e ao alternar entre as estações, o estudante tem a possibilidade de conhecer outros pontos de vista, favorecendo-o no processo de construção do seu próprio conhecimento. Além de requerer pouco material diminuindo custos, a Rotação por Estações de Aprendizagem pode auxiliar o estudante a trabalhar em equipe e ser mais criativo na apresentação do material produzido (STEINERT, 2019 e DE ALCANTARA, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O professor de Biologia pode utilizar uma sequência didática como uma metodologia de apoio à aplicação de conteúdos complexos (NASCIMENTO et al., 2009), como os que tratam dos microrganismos. Pois compreende-se que o tema envolve não somente a necessidade de prática experimental, visto que, o mundo microscópico deve estar mais acessível ao estudante e assim facilitar a sua compreensão acerca desses seres invisíveis a olho nu, como também os conceitos que envolvem o tema e os contextos sociais, éticos e tecnológicos no qual estão envolvidos.

Assim, a sequência didática apresentada aparece como uma metodologia inovadora, possibilitando ao professor a inserção de vários temas referentes aos microrganismos que podem atuar como o tema gerador da aula.

A sequência didática pode iniciar com a observação de leveduras, prática experimental construída de acordo com a realidade de algumas escolas públicas e seus estudantes, pois os microrganismos são de fácil obtenção e manuseio e o microscópio de baixo custo proposto é de fácil construção.

Essa prática pode aguçar a curiosidade do aluno e ao mesmo tempo levantar diversos questionamentos que poderão atuar como questões problematizadoras. Além disso, o professor pode, a partir dessa aula, auxiliar os estudantes na compreensão do papel de microrganismos como leveduras em seu cotidiano, podendo inclusive expandir para uma outra prática experimental como a fabricação de pães.

Na sequência, a aula invertida pode ser utilizada para incentivar os estudantes, em equipes, na pesquisa e na compreensão dos questionamentos realizados em prática experimental. Com a elaboração de cartazes e cartões explicativos, as equipes poderão atuar como mediadores de informações em aula posterior em forma de Rotações por Estações de Aprendizagem, onde os estudantes poderão interagir entre si, ensinando e aprendendo ao mesmo tempo, possibilitando a atuação como protagonista do seu próprio processo de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

DE ALCANTARA, E. F. S. Rotação por Estações de Aprendizagem. In: Simpósio. No. 8. 2020.

MALAJOVICH, M.A. As leveduras e a panificação: montagem experimental e experimentação. Instituto de Tecnologia Ort do Rio de Janeiro. Biopop, p. 1 -5, 2006. Disponível em: < https://bteduc.com/artigos/06_MAM_BIOPOP.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2020.

NASCIMENTO, L. M. M.; GUIMARÃES, M. D. M.; EL-HANI, C. N. Construção e avaliação de sequências didáticas para o ensino de biologia: uma revisão crítica da literatura. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 7, p. 1-12, 2009.

SATO, A.; LIMA, N.; ONO, L. (submetido em 10 de set. 2020). Avaliação de microscópio de baixo custo para estruturação de Laboratório de Microbiologia para o ensino de Ciências. ACTIO: Docência em Ciências.

SCHNEIDER, E. I., SUHR, I. R. F., ROLON, V. E., ALMEIDA, C. M. D. Sala de Aula Invertida em EAD: uma proposta de Blended Learning. Revista Intersaberes, v. 8, n. 16, p. 68-81, 2013.

STEINERT, M. E. P.; HARDOIM, E. L. Rotação por estações na escola pública: limites e possibilidades em uma aula de biologia. Ensino em Foco, v. 2, n. 4, p. 11-24, 2019.

YOSHINO, K. Making science more accessible: DIY smartphone conversion brings microscopy to the masses. International Journal on Innovations in Online Education, v. 1, n. 1, 2017.

YOUNG, S.R. Gourmet Lab – the scientific principles behind your favorite foods. NSTApress – National Science Teacher Association. Arlington, Virginia, 2011. Disponível em: <<https://static.nsta.org/pdfs/samples/PB290Xweb.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2020.